



PLONGEZ DANS L'UNIVERS DES

Sciences citoyennes

MANUEL



PLONGEZ DANS L'UNIVERS DES
Sciences citoyennes

MANUEL

Titre : Plongez dans l'univers des Sciences citoyennes

Les auteurs : Gjino Šutić, en collaboration avec :
Filip Grgurević, Ana Klarin, Gaspard Berger and Maja Drobne

Éditeur : Kulturno izobraževalno društvo PiNA, Gortanov trg 15, 6000 Koper, Slovénie

Année : 2024

Adresse web de la publication : <https://www.pina.si/en/portfolio/dive-in-2/>

Plongez dans l'univers des Sciences citoyennes © 2024 – Gjino Šutić, en collaboration avec :
Filip Grgurević, Ana Klarin, Gaspard Berger, Maja Drobne est sous licence CC BY-NC-SA 4.0.
Pour consulter une copie de cette licence : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Publication si gratuite.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
[COBISS.SI-ID 200086531](https://nuk.ub.uni-lj.si/COBISS.SI-ID/200086531)
ISBN 978-961-94054-8-2 (PDF)

Préface

**Chère lectrice, cher lecteur,
qui que vous soyez,**

**Je suis heureux que ce livre se trouve
entre vos mains et j'espère que vous
vous y retrouverez.**

Son contenu est peu commun, tout comme son objectif. Son objectif est de proposer une lecture enthousiasmante (une introduction théorique et pratique à l'univers de l'expérimentation et de la découverte) du monde qui nous entoure et de nous-mêmes. Il concerne quasiment tous les âges, mais c'est chez les jeunes et les adultes (12 ans ou plus) que son impact sera le plus notable.

Par sa structuration et ses méthodologies, il cherche à aider les jeunes à formuler des problématiques complexes et à trouver un moyen de les aborder et d'y répondre par le biais d'une forme de « bricolage » analytique (déconstructif) et constructif. Dans le même temps, il cherche à intéresser les adultes à des sujets et des pratiques souvent négligés et parfois oubliés – trouver la dimension ludique intérieure en (re)découvrant les sciences et en repensant les perspectives des choses que nous tenons pour acquises. Outre le lecteur intéressé, ouvert à l'apprentissage autodidacte et à la découverte, il peut également servir d'aide didactique aux professionnels du travail socio-éducatifs recourant à une approche STEAM (ou MATIS en français, une approche multidisciplinaire de l'apprentissage qui utilise la science, la technologie, l'ingénierie, les arts et les mathématiques), ainsi qu'aux éducateurs en général désireux de favoriser le développement de la pensée analytique, critique et constructive chez les jeunes. Il cherche à accomplir cela non pas en constituant une source de définitions et de lectures arides, mais en plantant des graines pour éveiller la curiosité et susciter des questions, et en étant un outil brut pour développer de meilleurs outils sur la voie de l'apprentissage autodidacte et de la co-création d'un avenir durable.

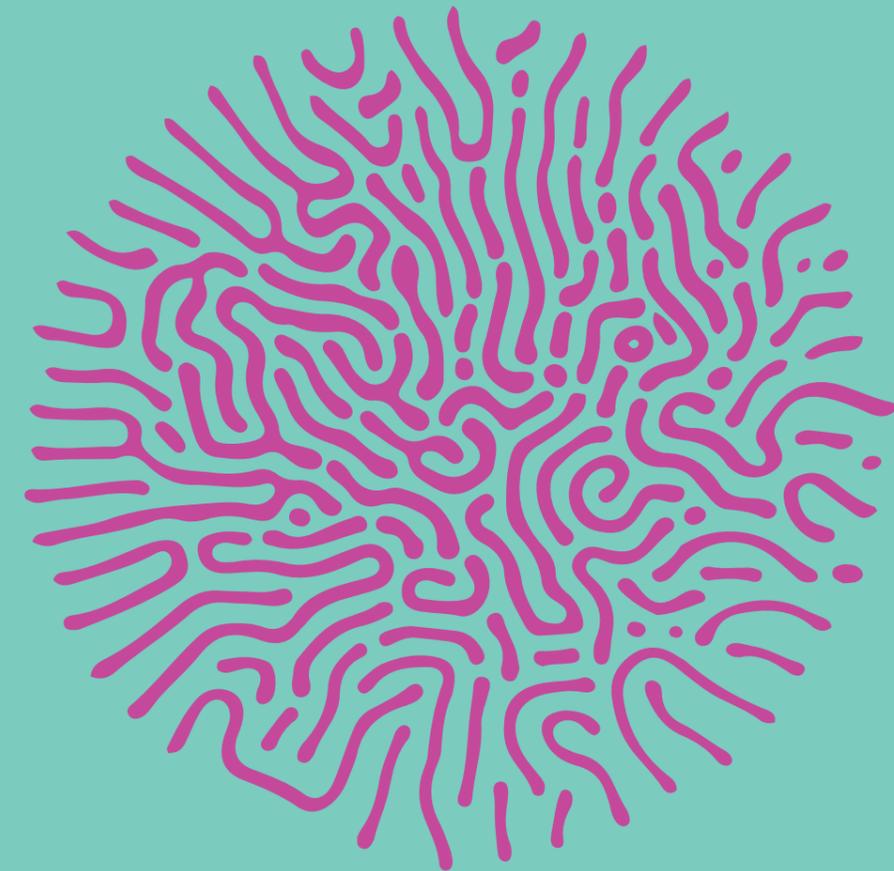
Telle serait sa philosophie : chercher à inspirer les citoyens non pas à se conformer aux défis mondiaux existants (tels que le changement climatique, la pollution environnementale, les inégalités, etc.) ou à des environnements et des cadres sociaux non stimulants, mais à se saisir des problèmes, à réformer, à (ré)inventer et à construire un avenir meilleur. N'oubliez pas que les citoyens tels que vous, cher lecteur, sont ceux qui construisent et constituent la société.

Le contenu lui-même est conçu pour être lu comme vous le souhaitez. N'hésitez pas à lire le livre d'un bout à l'autre, à le parcourir ou à passer directement au chapitre de votre choix. Il n'y a qu'une chose que je vous demande de bien vouloir faire, c'est de ne pas vous contenter de lire sans essayer la section pratique. La connaissance sans l'application n'a que peu de sens, et la véritable compréhension ne vient pas en prenant la théorie pour acquise, mais en plongeant plus profondément dans le sujet, « les mains dans le cambouis ».

N'ayez pas peur de faire des erreurs ou de manquer de méthode. La connaissance essentielle de l'apprentissage autodidacte provient du processus d'expérimentation : le désordre est un terrain fertile pour la création, et les erreurs constituent les meilleurs indicateurs pour améliorer les choses.

08	1 INTRODUCTION
09	1.1 Le terrain de jeu des Sciences citoyennes
09	1.1.1 Découvrir
11	1.1.2 Les Sciences citoyennes
13	1.1.3 L'ingénierie artisanale DIY
16	1.2 Pourquoi la science citoyenne chez les jeunes fonctionne
18	1.3 Les possibilités - l'exemple de Hedy Lamarr
20	2 Espace d'expérimentation artisanal/laboratoire domestique DIY
21	2.1 Espace de travail
22	2.2 Sécurité
23	2.3 Équipement de base
23	2.3.1 Outils pour les liquides (biologie et chimie)
26	2.3.2 Matériel électrique/électronique
30	3 EXPLORER
31	3.1 Environnement ouvert, systèmes naturels et approche cybernétique
33	3.2 Étude de cas sur le travail en laboratoire artisanal DIY
33	3.2.1 Objet
35	3.2.2 L'environnement
35	3.2.2.1 Introduction à l'environnement
37	3.2.2.2 Questionnaire d'étude par observation guidée pour l'exploration in situ
38	3.2.2.3 Expérience : Expériences de composition du sol en laboratoire artisanal DIY
42	3.2.2.4 Expérience : Analyse de l'eau en laboratoire artisanal DIY

3.2.3 Interaction	44
3.2.3.1 Questionnaire général d'observation	45
3.2.3.2. Expérience : Piège à miel artisanal DIY (pour les insectes) et questionnaire d'observation	46
3.2.3.3. Expérience : Mangeoire à oiseaux artisanale DIY et questionnaire d'observation	49
3.2.3.4. Quête : Cartographie du réseau alimentaire	51
4 INGÉNIERIE (CONCEPTION ET CRÉATION)	52
4.1. Systèmes fermés, pensée et conception systémiques	53
4.2. Microcosme artisanal DIY	53
4.2.1. Tutoriel guidé pour la fabrication de la colonne de Winogradsky	54
4.2.2. Systèmes biologiques artisanaux Do-It-Yourself - Pile à bactéries	57
5 INNOVER	60
5.1 Concevez votre propre projet	61



Le terrain de jeu des Sciences citoyennes

1.1.1 DÉCOUVRIR

Dans la nature, chaque être, chaque organisme et chaque cellule naît sans connaître son environnement et ses mécanismes de fonctionnement – et cherche à survivre, à trouver des stimuli positifs, un environnement hospitalier et des directions pour se développer. C'est là un phénomène intéressant, n'est-ce pas?

Nous pourrions dire que les outils les plus importants pour l'épanouissement se présentent sous différentes formes :

- ⊕ des capacités d'exploration et d'analyse de l'environnement, quel qu'il soit (à la recherche de conditions hospitalières et stimulantes)
- ⊕ une capacité à comparer les résultats de manière critique, à choisir les meilleurs et à éviter les aspects négatifs
- ⊕ une capacité à utiliser au mieux ce qui est à disposition (pour la construction et la croissance)

Les sciences et l'ingénierie ne sont rien d'autre que des manifestations humaines de ces phénomènes, qui ont évolué sous une forme susceptible d'être transmise à d'autres, afin que nous puissions nous en inspirer et accomplir davantage, que ce soit en tant qu'individus ou en tant que collectivité humaine.

Notre tendance naturelle et innée à faire de la science et de l'ingénierie est profondément ancrée en chacun de nous, comme le sont nos cellules dans la méthode fondamentale de l'expérimentation : c'est la démarche essais-erreurs.

Si nous simplifions ce processus à l'extrême, nous pouvons constater qu'il est ancré dans les mécanismes de contrôle les plus innés et les plus fondamentaux, que l'on retrouve dans tous les systèmes vivants autocontrôlés et qui, grâce à l'ingénierie, sont recréés dans tous les systèmes de contrôle automatique artificiels – ce que la science de la cybernétique appelle une « boucle de feedback (rétroaction) ». Ce processus repose sur la réinjection des données produites : apprendre à partir des essais et des erreurs, afin d'obtenir les résultats souhaités.

DÉFINIR L'OBJECTIF, CHOISIR LES OUTILS

Se souvenir de la réussite et aller plus loin

Définir l'objectif, choisir les outils

Essayer

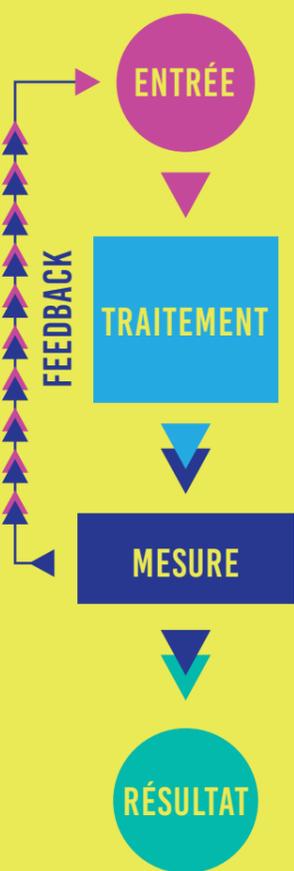
Cela a-t-il fonctionné ?

OUI.

NON.

Repenser et changer : angle d'approche, outils choisis et/ou définition de l'objectif et réessayer

FEEDBACK LOOP



Mais revenons à ce qu'est la science au sens large.

Selon la plupart des dictionnaires, la **science** est une approche systématique et méthodique de la compréhension du monde naturel, par l'observation, l'expérimentation et la formulation d'explications ou de théories vérifiables. Elle constitue une approche systématique dont le but est d'acquérir des connaissances, d'organiser l'information et d'établir des prévisions sur le monde, ainsi que sur les objets, les sujets et les phénomènes qui existent en son sein.

La science, en tant que discipline, repose sur les principes de l'empirisme (l'idée que tout apprentissage provient exclusivement de l'expérience et des observations) et de la pratique de l'objectivité. L'objectivité aborde l'étude du monde avec un état d'esprit impartial, en cherchant à découvrir la vérité sur la base de preuves plutôt que de croyances ou d'opinions personnelles.

Voici là une explication correcte, mais quelque peu ennuyeuse, non ? Ce qui manque dans cette explication, c'est une étincelle, un élan pour la science. Ainsi, pourquoi devrions-nous nous intéresser à la science ? La réponse à cette question est que nous avons toutes et tous un noyau scientifique au plus profond de nous – il s'agit d'un de nos mécanismes innés pour l'exploration et la compréhension, même si nous n'en sommes pas conscients. Nous pourrions dire que la science est un outil avec lequel nous sommes nés, et qu'il nous appartient d'utiliser et de développer cet outil.

Puisque nous pouvons dire que la science (en tant qu'outil) est en chacun de nous, il n'y a rien d'étonnant à ce que de nombreuses personnes pratiquent la science.

Certaines personnes se spécialisent dans la pratique de la science – ce sont les **scientifiques professionnels**, qui emploient diverses méthodes et procédures pour étudier et comprendre le monde naturel dans le cadre d'une démarche professionnelle.

Certaines personnes cherchent à se perfectionner dans le domaine des sciences de manière non professionnelle, pour leur développement individuel et pour passer leur temps libre de manière constructive – on parle alors de **sciences citoyennes**.

Nous pourrions donc élaborer une définition large de ce qui constitue un scientifique, à savoir une personne qui pratique une science et applique la démarche scientifique.

La **démarche scientifique** est globalement composée de ces éléments :

- ⊕ **OBSERVATION**
Les scientifiques observent les phénomènes du monde, en notant les modèles, les comportements et les événements.
- ⊕ **QUESTION**
À partir de leurs observations, les scientifiques formulent des questions qui visent à expliquer ou à comprendre les phénomènes observés.
- ⊕ **HYPOTHÈSE (PROPOSITION D'UNE CONCLUSION ENVISAGÉE)**
Les scientifiques proposent des explications théoriques, ou hypothèses, non vérifiées, qui peuvent être testées par des recherches plus approfondies. Une hypothèse est une explication proposée qui peut être confirmée ou réfutée par des preuves testables et mesurables.
- ⊕ **EXPÉRIMENTATION**
Les scientifiques conçoivent et mènent des expériences pour vérifier leurs hypothèses. Les expériences consistent à manipuler des variables et à mesurer les résultats afin de déterminer les relations causales.
- ⊕ **COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES**
Les scientifiques recueillent des données pertinentes au cours d'expériences ou par d'autres moyens. Ils analysent les données à l'aide de méthodes statistiques et d'autres techniques, afin de tirer des conclusions significatives.
- ⊕ **CONCLUSION**
À partir de l'analyse des données, les scientifiques concluent à la validité de leurs hypothèses. Si les données confirment une hypothèse, celle-ci peut devenir une théorie ou une explication validée. Si les données ne con-

firmement pas une hypothèse, les scientifiques peuvent la modifier ou l'abandonner et élaborer de nouvelles hypothèses pour des recherches plus approfondies.

Ces composantes de la démarche scientifique professionnelle suivent généralement la séquence indiquée, mais ce n'est pas toujours le cas. Parfois, les questions ne proviennent pas directement de l'objet d'étude ou du domaine scientifique lui-même, mais elles émanent de l'inspiration – par exemple si l'on constate des similitudes, ou si l'on cherche des liens avec d'autres objets et domaines. Il est donc important **d'établir des liens** (des corrélations) entre ce qui est comparable et ce qui est incomparable.

On dit par exemple qu'il ne faut pas comparer des pommes avec des poires, mais ce n'est pas exact. En comparant des pommes et des poires, nous pouvons découvrir plus de choses sur les pommes, d'une part, et sur les poires, d'autre part, que si nous comparons des pommes avec des pommes ou des poires avec des poires. Il est important d'établir des corrélations et de développer des compétences en matière de corrélation.

Il est important de mentionner que nous pouvons également parfois trouver dans les données brutes des questions, de nouvelles connaissances et des idées d'expériences – par exemple dans le domaine hybride de la science des données, qui représente l'une des branches les plus récentes de l'arbre des domaines de la science.

Outre le fait qu'elles nous enseignent une méthodologie d'apprentissage structurée, les sciences nous enseignent aussi au sujet de la **connaissance elle-même**. Elle nous apprend à ne pas considérer le savoir (et toute chose) comme un acquis, car elle considère le savoir comme dynamique et susceptible d'être modifié et révisé lorsque de nouvelles preuves apparaissent. Ce processus d'autocorrec-

tion et d'affinement contribue au progrès cumulatif de la compréhension scientifique au fil du temps, et donc à la croissance de l'ensemble des connaissances humaines elles-mêmes.

La science partage une autre caractéristique intéressante avec les organismes vivants : elle est organique. La science englobe un large éventail de disciplines (notamment la physique, la chimie, la biologie, l'astronomie, la géologie, la psychologie et bien d'autres), et celles-ci se développent et se ramifient comme l'organisme d'un arbre vivant. Chaque discipline scientifique a ses propres méthodologies et ses propres domaines d'intérêt, mais toutes partagent un engagement envers l'étude systématique du monde et de ce qu'il contient, afin d'en découvrir et d'en expliquer les principes et processus sous-jacents.

En fin de compte, la science est un outil puissant pour le progrès humain, qui favorise l'innovation, les avancées technologiques et une meilleure compréhension de l'univers et de la place que nous y occupons. Elle fournit un cadre fiable et fondé sur des preuves pour explorer et expliquer les phénomènes qui façonnent notre monde.

1.1.2 LES SCIENCES CITOYENNES

Commes indiqué précédemment, les **sciences citoyennes** concernent les personnes qui choisissent de pratiquer la science et la démarche scientifique de manière non professionnelle et/ou de s'impliquer en tant que citoyens dans le processus scientifique professionnel. Collectivement, ces personnes sont parties prenantes des sciences citoyennes.

Les **Sciences citoyennes**, parfois appelées sciences participatives ou sciences collaboratives, constituent une approche collaborative de la recherche scientifique professionnelle ou de la pratique par laquelle les membres du grand public (citoyens n'ayant pas reçu de formation scientifique académique) contribuent activement à des projets de recherche scientifique. Il peut

Nous devrions comparer
des pommes avec des poires.

s'agir d'impliquer des scientifiques non professionnels dans les différentes étapes du processus scientifique, notamment la collecte de données, la formulation d'hypothèses, la réalisation d'expériences, l'analyse, l'interprétation des données et la formulation de conclusions. Parfois, si des personnes n'ayant pas reçu de formation académique se sont perfectionnées par l'apprentissage autodidacte et l'expérimentation dans le domaine des sciences, elles peuvent produire des recherches scientifiques d'une qualité comparable à celle des travaux des professionnels, et même aller plus loin en réalisant de véritables inventions (brevetables). Un exemple remarquable de scientifique citoyenne, novatrice et inventrice serait celui de Hedy Lamarr, avec son impressionnant corpus de travaux dans divers domaines scientifiques, ou celui du célèbre génie Léonard de Vinci, qui, par l'apprentissage autodidacte et l'expérimentation, a contribué à l'émergence de plusieurs disciplines scientifiques.

Le concept de sciences citoyennes repose sur la conviction que la recherche scientifique ne devrait pas être le domaine réservé des scientifiques et des chercheurs professionnels. Au contraire, il s'agit de reconnaître que des personnes d'origines et de niveaux d'expertise divers peuvent apporter une contribution précieuse à la connaissance et à la compréhension scientifiques.

N'oublions pas en effet que les pères et les mères des différentes disciplines scientifiques n'ont pas bénéficié d'éducation formelle dans les domaines en question, puisque ces domaines n'existaient pas auparavant. Tout en donnant naissance à des disciplines scientifiques, ces personnes ont été des citoyens scientifiques.

Il n'est donc pas surprenant que les citoyens scientifiques soient aujourd'hui impliqués dans presque tous les domaines de la science : collecte de données environnementales, identification des espèces, surveillance des populations d'oiseaux, suivi des conditions météorologiques, analyse des images astronomiques, analyse de la qualité de l'eau, résolution des problèmes de repliement des protéines (nécessaire pour développer des solutions permettant de cibler et d'éradiquer les maladies, ainsi que pour créer des innovations biologiques), etc.

Dans les sciences citoyennes, comme dans les sciences professionnelles, nous distinguons deux démarches principales de recherche et d'expérimentation : l'expérimentation individuelle « **Do-It-Yourself** » (DIY) et l'expérimentation collaborative « **Do-It-With-Others** » (DIWO).

La communauté scientifique professionnelle tire plusieurs **avantages des sciences citoyennes**. Elles permettent aux chercheurs de recueillir de grandes quantités de données sur de vastes zones géographiques et sur des périodes prolongées, ce qui serait autrement difficile, voire impossible, à réaliser. Elles permettent d'intensifier les efforts de collecte de données, ce qui permet d'obtenir une compréhension plus riche et plus exhaustive des différents phénomènes.

Les sciences citoyennes favorisent également l'engagement du public à l'égard de la science et elles promeuvent la culture scientifique chez les citoyens et sur les territoires. En participant activement à des projets de recherche, les personnes acquièrent une expérience pratique et dévelop-

pent une compréhension plus approfondie des processus et des concepts scientifiques. Elles permettent aux personnes de contribuer à des questions sociétales importantes et de mieux apprécier la recherche scientifique. En outre, les sciences citoyennes peuvent renforcer le lien entre les scientifiques, le public, les décideurs politiques et le monde économique, en favorisant la collaboration et le dialogue. Les chercheurs professionnels bénéficient de l'expertise et des connaissances locales des citoyens scientifiques, tandis que ces derniers bénéficient d'un aperçu du travail de la communauté scientifique professionnelle et contribuent à des avancées scientifiques concrètes.

Ces dernières années, les progrès technologiques ont joué un rôle important dans l'élargissement de la portée et de l'impact de la science citoyenne. La généralisation des smartphones, de l'accès à l'Internet et des plateformes de partage de données a facilité la participation et la collaboration des citoyens scientifiques à l'échelle mondiale.

Au global, les sciences citoyennes offrent une approche collaborative et inclusive de la recherche scientifique, en exploitant le pouvoir de l'intelligence collective et en contribuant à une société mieux informée et plus engagée. Grâce à la diversité des origines des personnes, les sciences citoyennes ont le potentiel de relever des défis scientifiques et sociaux complexes et de susciter des évolutions significatives dans le monde.

1.1.3 L'INGÉNIERIE ARTISANALE DIY

S'appuyant sur les sciences, on trouve l'ingénierie pratique, qui utilise les connaissances pour la conception, la création et la construction de produits concrets. Tout comme les sciences citoyennes sont

liées aux sciences « professionnelles », il existe certaines pratiques culturelles intéressantes qui sont liées aux domaines de l'ingénierie. Parmi les exemples importants, on peut citer les cultures de la réparation en autonomie dite « **Do-It-Yourself** » (DIY), que l'on trouve dans les pays socialistes et communistes, et qui émergent souvent par nécessité, du fait de la rareté des ressources locales et du besoin de les optimiser.

Parmi les exemples, on peut citer les cultures de la réparation en autonomie Do-It-Yourself en ex-Yougoslavie (1945-1992) et actuellement à Cuba (1959-). Ces deux pays partagent des approches légèrement différentes en ce qui concerne les pratiques de réparation Do-It-Yourself des objets pour prolonger leur durée de vie et l'achat économique de produits domestiques durables (par exemple, des articles fabriqués à partir de matériaux recyclés et/ou de matériaux locaux abordables et durables), en évitant le gaspillage et les pratiques non durables qui en découlent. La culture de la réparation Do-It-Yourself s'est fortement enracinée en Yougoslavie et s'est développée grâce à « Sam svoj majstor » et à d'autres magazines de ce type qui proposaient des instructions pratiques et détaillées sur la construction et la réparation d'articles ménagers, ainsi que sur la construction de sa propre maison en autonomie.



« Sam svoj majstor »,
1. couverture du magazine 1975



« Make »,
1. couverture du numéro 2005

La culture de la réparation à Cuba a suivi un chemin similaire, mais en raison des contraintes économiques du pays, elle est devenue spécifique et reconnaissable dans sa manière particulièrement innovante de réutiliser des objets dans une logique d'ingénierie artisanale et de réparation Do-It-Yourself. Par son esthétique, elle est devenue un élément essentiel de la vie quotidienne.

Ces exemples sont intéressants dans le contexte des politiques publiques relativement récentes en matière de durabilité – telles que les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies – qui considèrent de manière réaliste que les ressources mondiales sont limitées et qu'elles doivent être préservées si nous voulons que nos sociétés vivent confortablement. Si vous vous intéressez au problème de la rareté des ressources et de la consommation/production responsables, il est important de mentionner que l'un des objectifs de développement durable actuels des Nations unies est précisément « Consommation et production durables » – objectif qui est donc reconnu comme un défi mondial que nous devons relever en tant que citoyens.

Relativement récemment, un mouvement culturel apparenté aux cultures de réparation et lié aux sciences citoyennes est apparu et a attiré l'attention du public : la culture maker, qui a vu le jour dans les années 2000. La culture maker fait référence à un mouvement social qui met l'accent sur l'expérimentation et l'apprentissage pratiques, l'exploration et la création Do-It-Yourself (DIY). Il s'agit d'une communauté mondiale de personnes qui se livrent à diverses activités créatives, telles que la conception, la construction, l'expérimentation, l'invention et la production de prototypes, en s'appuyant souvent sur la technologie et les outils de fabrication numérique.

À la base, la culture maker encourage les personnes à participer activement au processus de fabrication (et d'amélioration) des objets plutôt que d'être des consommateurs passifs. Elle valorise la créativité, la collaboration et le partage des connaissances et des compétences. Les makers adoptent un état d'esprit ouvert, cherchant à apprendre et à expérimenter différents outils, matériaux et techniques.

Les principales caractéristiques de la culture maker sont les suivantes :

- ⊕ **MENTALITÉ DIY** : Les makers sont animés par le désir de créer et de construire des choses par eux-mêmes, en cherchant à acquérir des compétences et des connaissances par le biais d'expériences pratiques.
- ⊕ **PHILOSOPHIE DE L'OPEN-SOURCE** : les makers s'adaptent souvent et partagent librement leurs idées, leurs conceptions et leurs projets avec d'autres. Ils valorisent la collaboration et croient au pouvoir de la créativité collective et à la liberté de connaissance et d'apprentissage.
- ⊕ **MODERNITÉ TECHNOLOGIQUE** : La culture maker intègre l'usage des technologies modernes, notamment les imprimantes 3D, les découpeuses laser, les microcontrôleurs, la robotique, etc. Ces outils permettent aux makers de donner vie à leurs idées et de prototyper rapidement leurs créations.
- ⊕ **APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE** : La culture des makers encourage souvent le mélange de différentes disciplines, en rassemblant des personnes d'horizons divers, comme des artistes, des ingénieurs, des concepteurs, des programmeurs et des amateurs, en échange d'idées et de compétences.
- ⊕ **RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ET INNOVATION** : Les makers s'attaquent souvent à des problèmes concrets, en recherchant des solutions innovantes et créatives. Ils adoptent une approche pratique et itérative de la conception et du développement, en tirant les leçons des échecs et en adoptant l'esprit d'expérimentation.

Le mouvement des makers a eu un impact significatif sur l'éducation, en encourageant une évolution vers des approches d'apprentissage plus pratiques et orientées projets, et en incubant le développement de la pédagogie STEAM (ou MATIS en français,

une approche multidisciplinaire de l'apprentissage qui utilise la science, la technologie, l'ingénierie, les arts et les mathématiques) contemporaine, avec l'ajout de la joie de créer, d'expérimenter et d'explorer le monde par le biais d'une approche pratique et collaborative.

Il est également important de mentionner les événements Maker Faire – qui sont des rencontres de l'innovation, de la création et des pratiques des makers. Grâce à l'engagement interactif des makers, elles contribuent au développement de la pédagogie STEAM à l'échelle locale et internationale.

Il est également important de mentionner les caractéristiques et les lieux spécifiques de la culture maker – les Hackerspaces et les Makerspaces, qui constituent des tiers-lieux physiques où les personnes peuvent se rassembler pour échanger, partager des ressources et travailler sur des projets. La plupart du temps, ces espaces sont ouverts au public. Ces espaces offrent généralement un accès à des outils, à du matériel et à une communauté de soutien.

Le mouvement des makers a été reconnu dans le domaine de l'éducation comme un moyen de promouvoir l'apprentissage pratique, basé sur des projets. Des makerspaces ont commencé à apparaître dans des écoles, des collèges et des bibliothèques, offrant aux étudiants la

possibilité d'explorer l'approche STEAM et de développer des compétences pratiques.

Une autre pratique apparentée est la Biologie participative – soit la pratique de la recherche en biologie et en ingénierie biologique (biotechnologie) dans le cadre d'une approche participative Do-It-Yourself. Il s'agit peut-être de l'une des pratiques les plus récentes et les plus avant-gardistes de l'ingénierie scientifique Do-It-Yourself, et en tant que telle, elle n'est pas bien définie dans la littérature. Ainsi, les définitions peuvent différer selon les personnes et les praticiens. La philosophie partagée consiste à ouvrir les connaissances en biologie et en génie biologique (c'est-à-dire permettre un libre accès à celles-ci) – elles qui sont souvent confinées dans des systèmes de publication universitaires/scientifiques inaccessibles au grand public ou dans des brevets sur des mécanismes et des ressources biologiques naturels.

Les communautés de la biologie participative partagent souvent leurs connaissances en organisant des ateliers, des conférences, des expositions et d'autres événements publics, en recherchant l'engagement de la collectivité et en pratiquant le principe des portes ouvertes.

Leurs membres construisent de manière autonome des outils Do-It-Yourself abordables pour explorer la biologie (tels que des microscopes DIY) et ils partagent leurs connaissances avec la collectivité, de sorte que des outils habituellement coûteux deviennent plus abordables pour le grand public – ce qui permet à chacun d'apprendre, plutôt que de faire de l'apprentissage un privilège.

STEAM = la science,
la technologie, l'ingénierie,
les arts et les mathématiques

1.2 Pourquoi la science citoyenne dans le travail de jeunesse

Lorsque nous avons décidé de démarrer ce projet, nous savions que nous faisons quelque chose de controversé. Intégrer la science citoyenne dans le travail de jeunesse est crucial pour favoriser une génération engagée, informée et capable de contribuer aux défis mondiaux qu'elle héritera.

L'importance d'intégrer la science citoyenne dans le travail de jeunesse peut être comprise à travers plusieurs dimensions :

A. ENRICHISSEMENT ÉDUCATIF

La science citoyenne offre une expérience éducative unique qui complète l'apprentissage traditionnel en classe, mais aussi les contextes de travail de jeunesse, qui sont généralement plus axés sur les compétences douces. Elle offre aux jeunes des opportunités d'apprentissage pratiques et concrètes qui améliorent leur compréhension des concepts et des méthodologies scientifiques. En participant à des recherches scientifiques réelles, les jeunes peuvent développer une appréciation plus profonde pour les sciences, améliorant ainsi leurs compétences analytiques, leur pensée critique et leurs capacités de résolution de problèmes. Cette approche pratique de l'apprentissage rend la science accessible et engageante, suscitant potentiellement un intérêt durable pour l'exploration et la découverte scientifiques.

B. AUTONOMISATION ET APPROPRIATION

Impliquer les jeunes dans des projets de science citoyenne les autonomise en leur donnant un sentiment d'appropriation de leur apprentissage et de leurs contributions à la société. Cette autonomisation favorise un sens de respons-

abilité face aux défis mondiaux tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et la pollution. En témoignant de l'impact de leurs contributions, les jeunes sont motivés à devenir des agents de changement proactifs, comprenant que leurs actions peuvent faire une différence dans le monde.

C. CONSTRUCTION DE LA COMMUNAUTÉ ET COLLABORATION

Les projets de science citoyenne nécessitent souvent une collaboration entre les participants, les chercheurs et parfois des équipes internationales. Cet environnement collaboratif enseigne aux jeunes l'importance du travail d'équipe, de la communication et de la recherche collective de connaissances. À travers ces projets, les jeunes peuvent se connecter avec des pairs et des mentors partageant les mêmes intérêts, favorisant un sentiment d'appartenance et de communauté. Ces expériences les aident à développer des compétences interpersonnelles précieuses dans tous les aspects de la vie.

D. AMÉLIORATION DE LA LITTÉRATIE ENVIRONNEMENTALE ET SCIENTIFIQUE

Les projets de science citoyenne, en particulier ceux axés sur la surveillance environnementale et la conservation, améliorent la littératie environnementale et scientifique des participants. Les jeunes apprennent les complexités des écosystèmes, l'im-

portance de la biodiversité et les impacts des activités humaines sur l'environnement. Ces connaissances sont cruciales pour développer des citoyens actifs et informés capables de prendre des décisions responsables et de plaider pour des pratiques durables.

E. EXPLORATION DE CARRIÈRE

Pour de nombreux jeunes, la participation à des projets de science citoyenne offre une fenêtre sur le monde de la recherche scientifique et diverses carrières en STEM. Cela leur permet d'explorer leurs intérêts et passions dans ces domaines, orientant potentiellement leurs parcours éducatifs et professionnels. Les expériences acquises grâce à la science citoyenne peuvent enrichir leurs CV et leurs candidatures universitaires, posant les bases de futures opportunités dans les STEM.

F. INCLUSION

Une chose importante que nous avons remarquée en cours de route est également que la science citoyenne, en tant que méthodologie, peut être un élément très inclusif. Nous avons tendance à parler d'inclusion dans le travail de jeunesse lorsque nous évoquons des groupes vulnérables, grandissant dans des situations difficiles ou faisant face à des capacités différentes. L'inclusion dans la science citoyenne va au-delà du soutien aux groupes vulnérables pour englober les jeunes ayant une curiosité intellectuelle exceptionnelle, qui pourraient se sentir déplacés dans les contextes éducatifs traditionnels. Ces jeunes possèdent une soif profonde de connaissances et d'engagement, recherchant souvent des défis et des opportunités d'exploration allant au-delà de ce que les programmes standard offrent. Ils sont souvent exclus de leurs pairs en raison du besoin de plus d'explications, de recherches plus approfondies et de curiosité, ce qui les place également dans

une position d'exclusion car il leur est difficile de trouver de la compagnie. La science citoyenne offre une plateforme inestimable pour ces individus, leur permettant d'appliquer leurs talents à la recherche scientifique et à l'innovation authentiques.

Les jeunes intellectuellement curieux bénéficient de la stimulation que les projets de science citoyenne offrent, s'engageant profondément avec des sujets complexes qui satisfont leur besoin de découverte. Ces projets connectent leurs capacités avancées à des défis sociétaux tangibles, leur donnant un sens de la purpose et de la contribution. Cet engagement peut être particulièrement validant pour ceux qui se sentent isolés en raison de leurs intérêts uniques, intégrant leurs efforts dans un contexte global de recherche scientifique.

En outre, participer à la science citoyenne aide ces jeunes à développer des compétences sociales cruciales et l'intelligence émotionnelle grâce au travail collaboratif avec leurs pairs, mentors et professionnels. Cela aide non seulement leur développement personnel, mais aussi à trouver un sentiment d'appartenance au sein d'une communauté de personnes partageant les mêmes idées. Les rôles de leadership dans ces projets peuvent favoriser la confiance en soi et la résilience, les encourageant à poursuivre des carrières en STEM où leurs talents peuvent être davantage nourris.

La nature personnalisable de la science citoyenne permet des expériences d'apprentissage personnalisées, adaptées aux intérêts et aux capacités spécifiques de chaque participant. Cela garantit que l'apprentissage reste pertinent et engageant, encourageant une croissance intellectuelle continue.

Intégrer la science citoyenne dans le travail de jeunesse ne consiste pas seulement à engager les jeunes dans la recherche scientifique ; il s'agit de les préparer pour l'avenir. Cela leur offre les outils, les connaissances et les expériences nécessaires pour naviguer et contribuer à un monde en rapide évolution. En favorisant une génération qui valorise la science, la collaboration et la communauté, nous les équipons de la capacité à faire face aux défis mondiaux avec innovation, résilience et espoir.

1.3

Les possibilités – l'exemple de Hedy Lamarr

Nous pouvons trouver des exemples étonnants de science et d'ingénierie citoyennes chez des personnes inspirantes, qu'il s'agisse de figures historiques mondialement connues telles que Léonard de Vinci* (1452-1519) avec ses expériences et ses découvertes en anatomie et en ingénierie, ou d'exemples plus contemporains tels que Rita Levi-Montalcini* (1909-2012), lauréate du prix Nobel pour sa découverte du facteur de croissance nerveuse – grâce aux expériences qu'elle a menées dans un laboratoire de neurobiologie improvisé dans une chambre turinoise pendant la Seconde Guerre mondiale.

Mais le meilleur exemple est peut-être celui de l'improbable scientifique et ingénieure citoyenne Hedy Lamarr* (1914-2000) – beauté de l'âge d'or hollywoodien, elle passait son temps libre à faire des expériences et à bricoler dans un laboratoire improvisé dans sa caravane d'actrice sur les plateaux, entre deux tournages.

L'histoire de Hedy Lamarr témoigne du potentiel de transformation de la curiosité et de l'ingéniosité, et du potentiel qu'une personne peut atteindre par l'apprentissage autodidacte. Née Hedwig Eva Maria Kiesler à Vienne, en Autriche, elle fait preuve dès son plus jeune âge d'une soif insatiable de connaissances. Les premières expériences de Lamarr, qui consistaient à démonter et à remonter des objets domestiques, préfiguraient son avenir en tant qu'inventrice pionnière. Bien qu'elle n'ait pas bénéficié d'une formation scientifique formelle, elle possédait une apti-

tude innée à comprendre des concepts complexes et une volonté inébranlable de repousser les limites du possible.

La plus célèbre innovation de Lamarr a eu lieu pendant la Seconde Guerre mondiale lorsqu'elle a conçu, avec le compositeur George Antheil (1900-1959), une technologie révolutionnaire : l'étalement du spectre par saut de fréquence, en combinant les mathématiques, la technologie radio et des concepts trouvés dans les mécanismes d'un instrument de musique – le piano. Initialement destinée à contribuer à l'effort de guerre en créant des systèmes sécurisés de guidage des torpilles dont le signal ne pouvait être piraté et brouillé, cette invention a jeté les bases des technologies modernes de communication sans fil, dont le Bluetooth et le Wi-Fi. Oui, vous avez bien lu : nous parlons bien du Wi-Fi, qui permet à tous nos appareils d'accéder à l'Internet à l'heure actuelle. La créativité de Lamarr a donc bel et bien révolutionné les tactiques militaires, mais elle a également ouvert la voie à d'innombrables avancées technologiques qui continuent de façonner notre monde interconnecté, aujourd'hui.

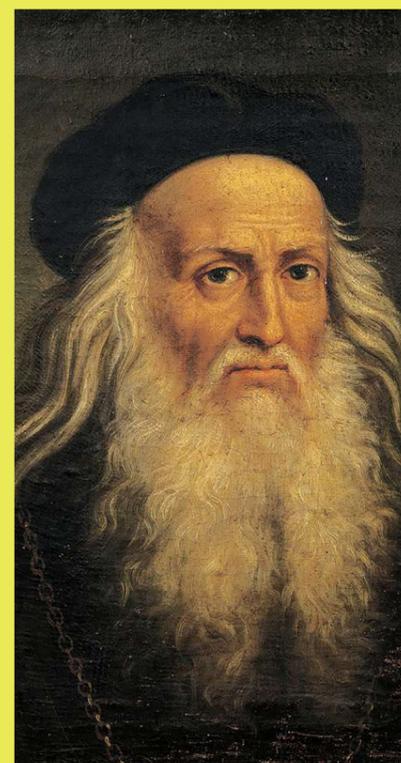
Il est important de mentionner que les inventions technologiques en matière de radiocommunication n'ont pas été son seul terrain de jeu. Hedy a conduit des expériences dans le domaine de la

bionique (construction de systèmes artificiels inspirés d'organismes vivants), notamment en utilisant la forme aérodynamique du corps des poissons et des oiseaux en avions plus performants, ainsi que dans le domaine de la chimie, en faisant breveter une approche innovante de la fabrication de boissons gazeuses concentrées.

La réussite de Mme Lamarr repose sur sa conviction inébranlable dans le pouvoir de l'expérimentation pratique et dans la valeur de l'apprentissage par la démarche essais-erreurs. Elle n'avait pas peur de se plonger dans des domaines inconnus par le biais de l'apprentissage autodidacte, en acquérant souvent de nouvelles compétences et de nouvelles disciplines en cours de route. L'histoire de Hedy Lamarr nous rappelle que l'innovation n'a pas de limites et que chaque personne, quel que soit son milieu et quelle que soit sa formation, peut contribuer au progrès scientifique en faisant preuve de détermination et en acceptant de prendre des risques.

Et le parcours de Hedy Lamarr souligne l'importance d'amplifier les voix et les contributions des femmes dans le domaine scientifique. Malgré les obstacles systémiques et les attentes de la société (sur ce qu'une actrice hollywoodienne devrait ou ne devrait pas faire) qui entravaient son potentiel, elle a persévéré, laissant une marque indélébile dans le domaine de la technologie. Son héritage constitue une source d'inspiration pour les femmes scientifiques en herbe, leur rappelant que leurs idées et leurs points de vue sont des atouts inestimables pour la communauté scientifique.

En adoptant le même esprit d'exploration autonome Do-It-Yourself qu'Hedy Lamarr, nous pouvons faire appel à notre curiosité innée, remettre en question le statu quo et poursuivre nos passions avec une détermination inébranlable. L'histoire de Hedy Lamarr nous incite à repousser les limites du monde connu, à nous aventurer avec audace dans des territoires inexplorés et à exploiter le pouvoir de l'innovation, pour façonner un avenir meilleur pour les générations futures.



Leonardo da Vinci



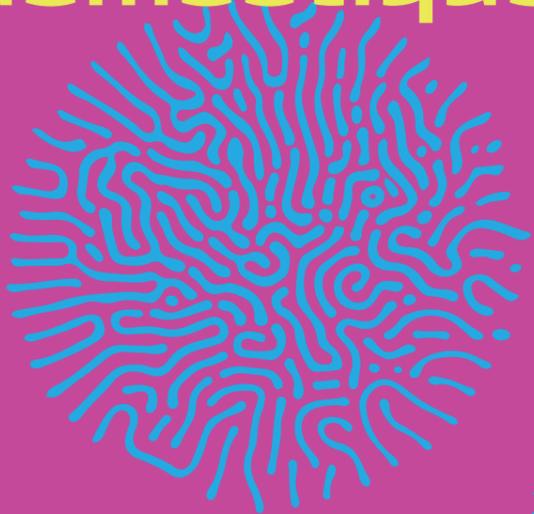
Rita Levi-Montalcini



Hedy Lamarr

* Pour rendre hommage à cette personne remarquable, nous vous invitons à faire votre propre exploration personnelle. Utilisez donc le Wi-Fi que le travail Hedy Lamarr nous a donné pour effectuer quelques recherches sur Internet au sujet de ses inventions et de ses motivations, ainsi que sur les travaux remarquables de Rita Levi-Montalcini et de Léonard de Vinci, que nous avons également évoqués : nous sommes convaincus que vous y trouverez une motivation personnelle.

Espace d'expérimentation artisanal/laboratoire domestique DIY



Toute invention a besoin d'un lieu de naissance. Dans le domaine des sciences citoyennes, il s'agira souvent d'un laboratoire domestique – un espace d'expérimentation artisanal Do-It-Yourself. En fonction de vos centres d'intérêt et des ressources dont vous disposez chez vous, un tel espace peut revêtir diverses formes. Par exemple, aux États-Unis, les scientifiques citoyens ont tendance à transformer leur garage en espace de bricolage/laboratoire artisanal Do-It-Yourself, tandis qu'en Europe, pour les expériences biologiques, les gens préfèrent utiliser la cuisine. Mais bien souvent, un petit recoin dans n'importe quelle pièce suffit amplement. Mon premier laboratoire était exactement cela : une vieille armoire en bois transformée en établi de chambre et en espace de stockage pour tous mes outils et matériaux de recherche improvisés. Si vous décidez de vous lancer un peu plus sérieusement dans la science citoyenne, nous vous invitons à faire preuve de créativité pour votre espace expérimental – en l'adaptant à vos besoins et à vos désirs. Votre espace d'expérimentation artisanal/laboratoire domestique Do-It-Yourself constitue votre porte d'entrée vers un monde d'innovation infinie et de curiosité illimitée.

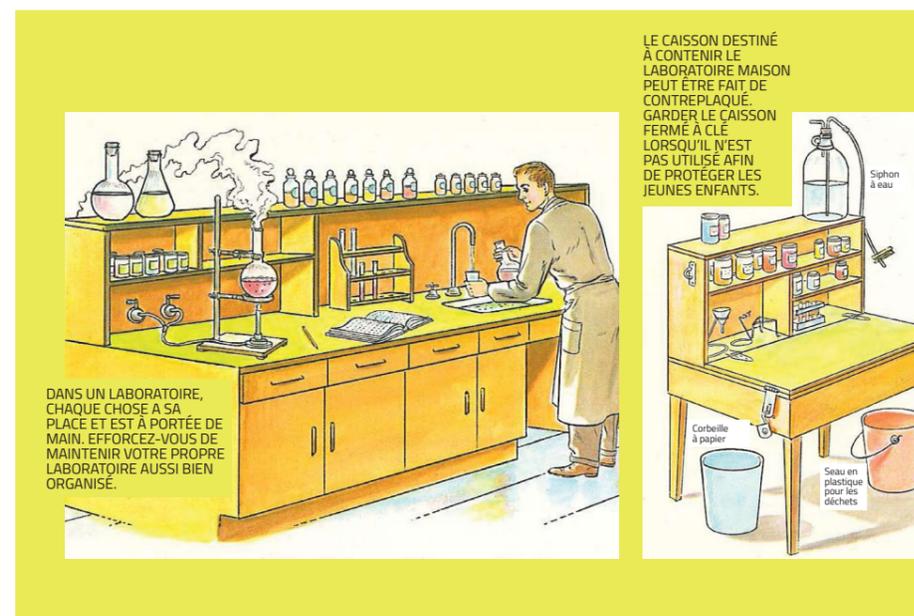
L'espace de travail

Comme chacun d'entre nous est unique, avec des centres d'intérêt et des désirs différents, il n'est pas évident de décrire un espace de travail ou un laboratoire domestique de bricolage « standard ». En fonction de vos centres d'intérêt et de vos besoins, vous pouvez adapter cet espace à votre domaine d'études actuel. Si vous décidez d'explorer le domaine de la chimie, il faudra l'adapter pour sécuriser le travail avec les produits chimiques (avec des surfaces faciles à nettoyer qui n'absorbent pas les liquides) et veiller à le placer dans un espace bien ventilé (près de la fenêtre, c'est parfait). Il en va de même pour la biologie, car elle peut aussi devenir nauséabonde. Si vous souhaitez expérimenter des domaines de l'ingénierie moderne tels que l'impression 3D, il serait bon de l'installer dans une autre pièce que la chambre à coucher, car le bourdonne-

ment d'une longue impression 3D peut être gênant. Les possibilités sont vastes et infinies.

Alors, avant d'installer votre espace expérimental, couchez-le d'abord sur papier. Faites la liste de ce dont vous pensez avoir besoin, dessinez le plan, pensez à la sécurité et assurez-vous de connaître les limites. Commencez modestement et laissez-le se développer progressivement. Par exemple, si c'est la biologie qui vous passionne, un microscope de base suffira amplement à lancer votre travail de recherche scientifique citoyenne ; si c'est l'électronique, un multimètre bon marché, un fer à souder, quelques tournevis et de vieux appareils électroniques à démonter constitueront un excellent point de départ.

Pour illustrer notre propos, nous présentons ici un exemple de laboratoire de chimie artisanal Do-It-Yourself. Différents modèles peuvent être trouvés en ligne, il suffit d'explorer le domaine qui vous intéresse.



Laboratoire de chimie classique (à gauche) et petit laboratoire de chimie improvisé Do-It-Yourself (à droite)

(Illustration tirée du Golden Book of Chemistry Experiments, 1960)

La sécurité

Il vaut toujours mieux être
trop prudent.

Assurer la protection et la sécurité des personnes sur le lieu de travail est primordial dans toute activité scientifique, en particulier dans les environnements où se déroulent des expériences de biologie, de chimie et d'électricité Do-It-Yourself. Avant de se lancer dans un projet, il est essentiel de posséder et de porter l'équipement approprié, notamment des lunettes de protection pour protéger les yeux des éclaboussures de produits chimiques et des éclats, des blouses ou tabliers de laboratoire pour se protéger des déversements et des éclaboussures, et des gants pour protéger les mains des substances dangereuses (même s'il est préférable d'éviter ces dernières lorsque l'on débute).

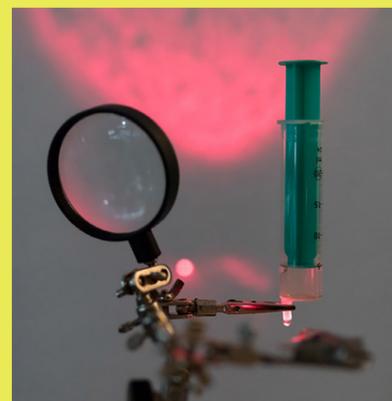
Il est également essentiel de respecter des protocoles de sécurité stricts et de tenir compte des signaux d'avertissement. Il est impératif d'étiqueter clairement les produits chimiques et de suivre des procédures de stockage adéquates. Lorsque l'on travaille avec de l'électricité, il est impératif d'utiliser des outils et des équipements isolés et de respecter les techniques de câblage appropriées, afin d'éviter les chocs électriques et les incendies.



Une bonne pratique consiste à brancher tous les appareils électriques de votre laboratoire/établissement d'expérimentation Do-It-Yourself sur un interrupteur centralisé que vous pouvez facilement éteindre en cas d'urgence. Il convient également de disposer d'un petit extincteur à portée de main. Il est également indispensable d'avoir à portée de main une petite trousse de premiers secours contenant des pansements, etc. Même les professionnels les plus aguerris peuvent se blesser.

La règle générale est de systématiquement jouer la carte de la sécurité : il vaut toujours mieux être trop prudent.

En intégrant une protection personnelle et des pratiques de sécurité dans tous les aspects de leur travail, les scientifiques citoyens Do-It-Yourself peuvent se protéger, mais ils peuvent aussi créer une culture de la sécurité qui profite à la collectivité. Encore une fois, étudiez les questions de sécurité avant d'expérimenter quoi que ce soit.



L'équipement de base

Pour se lancer dans la recherche scientifique Do-It-Yourself, que ce soit en biologie, en chimie ou en électronique, il faut disposer d'un matériel de base solide pour faciliter l'expérimentation et l'innovation.

Au cœur de tout laboratoire de recherche Do-It-Yourself, se trouve l'établi polyvalent que nous avons mentionné : un sanctuaire où les idées prennent forme et où les découvertes se développent. Ici, différents outils et instruments essentiels sont là pour aider à la poursuite de la connaissance et de la créativité.

Comme nous l'avons déjà indiqué, les outils et les matériaux nécessaires varient fortement en fonction de vos besoins et de vos centres d'intérêt. Il serait impossible de les énumérer tous : nous nous contenterons de citer les plus utilisés, avec des liens vers des tutoriels sur la manière de créer les vôtres.

Ce qui constitue une pratique commune à tous les bons laboratoires et aux recherches qui y sont menées, c'est la tenue d'un journal de laboratoire – un simple carnet où prendre vos notes est l'élément le plus essentiel de votre espace de réflexion. Prendre de bonnes notes de recherche constitue le meilleur moyen d'apprendre de manière autodidacte les sciences et l'ingénierie.

2.3.1 OUTILS POUR LES LIQUIDES (BIOLOGIE ET CHIMIE)

Les outils les plus courants dans les laboratoires de biologie et/ou de chimie sont les suivants :

- ⊕ Microscope et consommables associés (lames de verre) pour étudier les objets les plus petits
- ⊕ (il existe aujourd'hui pléthore de microscopes abordables – numériques et optiques classiques)
- ⊕ Loupe (pour étudier les surfaces des grands objets)
- ⊕ Pincettes, ciseaux, scalpels et planche à découper pour préparer les échantillons à étudier
- ⊕ Beaucoup de récipients – tels que des bocaux en verre pour collecter vos échantillons et objets d'étude, il seront particulièrement utiles
- ⊕ Plaque chauffante pour la cuisson et le chauffage
- ⊕ Verrerie de mesure (cylindres en verre, pipettes, compte-gouttes)
- ⊕ Récipients en verre pouvant être stérilisés (bocaux, etc.)

Microscope/Loupe numérique abordable (à gauche) et Projecteur pour microscope à gouttelettes laser fait maison Do-It-Yourself (à droite)

Si vous décidez de poursuivre des recherches en microbiologie, vous aurez aussi besoin des éléments suivants :

- ⊕ Brûleur Bunsen fait maison Do-It-Yourself (tel qu'un réchaud à gaz de camping portable) pour la stérilisation des outils et la création d'un microenvironnement stérile pour l'expérimentation microbiologique
- ⊕ Équipement de stérilisation pour les liquides et les outils : Autocuiseur (autoclave Do-It-Yourself) pour stériliser les liquides, les outils en métal et en verre, ou four à micro-ondes (pour stériliser les liquides) + four normal (pour stériliser les outils en métal et en verre)

Pour les personnes souhaitant approfondir cette discipline, il existe des outils pédagogiques abordables dans le domaine de la biotechnologie, tels que des kits PCR (ex. : pocketPCR de GaudiLabsor ou PCR d'Open-PCR) et même des séquenceurs d'ADN/ARN (Oxford Nanopore) qui peuvent être utilisés pour explorer les mystères du monde biologique.

Une fois encore, il n'est pas facile de tout énumérer, nous vous encourageons donc à faire vos propres recherches. Explorez les publications des domaines qui vous intéressent et étudiez ce dont vous avez besoin.

RECOMMANDATIONS

Pour commencer la chimie en autodidacte Do-It-Yourself, nous vous recommandons le classique « Golden Book of Chemistry Experimentation », 1960 de Robert Brent, disponible en anglais sur Internet archive (<https://archive.org>).

Pour commencer à expérimenter en biologie et en biotechnologie, nous vous recommandons le wiki en ligne Hackteria (en anglais) – https://hackteria.org/wiki/Generic_Lab_Equipment Vous pouvez par exemple y trouver des tutoriels étonnants sur la façon de fabriquer votre propre microscope pour une somme modique à partir d'une vieille webcam.

MATÉRIAUX

Les matériaux pour les expériences de biologie et de chimie Do-It-Yourself se trouvent partout autour de nous. Nous vous invitons à faire preuve de créativité et à explorer. Lisez les étiquettes des produits dans les épiceries, vous y trouverez la plupart des matériaux et des réactifs.

Parmi les réactifs de base les plus souvent utilisés dans les laboratoires de biologie et de chimie, on trouve les acides et les bases faibles (par exemple, le vinaigre, l'acide citrique, le bicarbonate de soude/la levure chimique, etc.), les solvants polaires (eau, alcool) et les solvants non polaires (comme l'essence à briquet Zippo dans les expériences de chimie maison Do-It-Yourself).

En biologie, des colorants et des teintures sont souvent utilisés pour colorer et analyser les échantillons étudiés. Ceux que l'on peut facilement trouver dans le commerce (par exemple, le bleu de méthylène – utilisé pour colorer les noyaux cellulaires et le cytoplasme – ou le vert de malachite – utilisé pour colorer les endospores, le pollen et les champignons – se trouvent tous deux dans les animaleries sous la forme d'agents antifongiques pour les aquariums).

Après les acides, les bases, les solvants et les colorants, l'outil le plus courant dans les laboratoires de biologie et de chimie est la mesure du pH. Nous pouvons mesurer le pH (degré d'acidité ou de basicité d'une substance) à l'aide de pH-mètres numériques ou chimiques. Mais une excellente solution est de fabriquer son propre pH-mètre Do-It-Yourself à partir de jus de chou – nous allons donc vous donner la recette.



TUTORIEL: pH-MÈTRE FAIT MAISON DO-IT-YOURELF À PARTIR DE JUS DE CHOU

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Chou rouge
- ⊕ Mixeur ou robot ménager
- ⊕ Passoire ou étamine
- ⊕ Récipient en verre ou en plastique transparent
- ⊕ Eau distillée
- ⊕ Produit acide et produit basique à tester (par exemple, une goutte de jus de citron comme acide, et une goutte de savon comme base)

ÉTAPES:

Couper le chou rouge en petits morceaux et les placer dans un mixeur ou un robot ménager. Ajouter suffisamment d'eau distillée pour couvrir les morceaux de chou et mixer jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

Passer le mélange à travers une passoire ou une étamine pour éliminer les matières solides, en conservant le jus de chou violet.

Verser le jus de chou dans un récipient en verre ou en plastique transparent. Noter la couleur.

Ajouter une cuillère à café de jus de chou dans un verre, ajouter une goutte de jus de citron et remuer. Remarquer le changement de couleur.

Prendre une cuillère à soupe de jus de chou dans un verre, ajouter une goutte de savon liquide et remuer. Remarquer le changement de couleur.



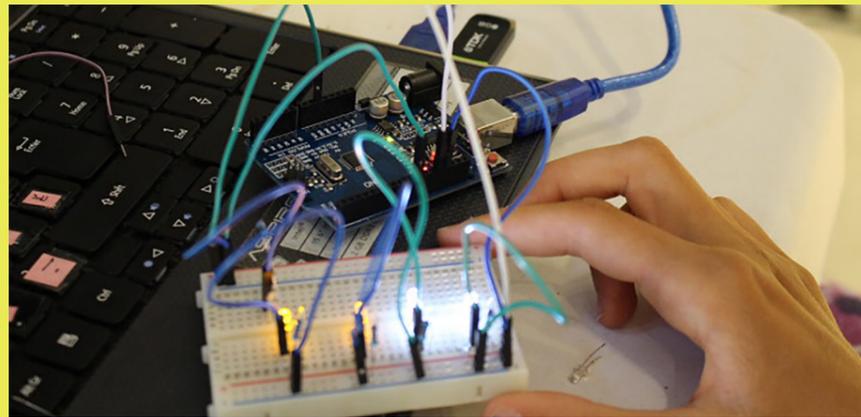
pH-mètre fait maison Do-It-Yourself à partir de jus de chou

2.3.2 MATÉRIEL ÉLECTRIQUE/ÉLECTRONIQUE

Dans le domaine de l'électronique, les fers à souder, les multimètres et les planches à pain sont indispensables pour étudier, assembler et tester les circuits avec précision et exactitude. Pour les personnes souhaitant poursuivre l'expérimentation en électronique numérique, on trouve souvent des microcontrôleurs expérimentaux à monter soi-même Do-It-Yourself (tels que Arduino, Raspberry Pi, ESP, MicroBit, etc.).

Comme nous l'avons mentionné, il existe pléthore de tutoriels d'expérimentation électronique Do-It-Yourself : il serait donc redondant de se lancer dans un autre tutoriel détaillé en la matière. Pour commencer, nous vous recommandons le livre « Make : Electronics » (en anglais) de Charles Platt, ainsi que le portail Instructables (<https://www.instructables.com/> – en anglais).

Comme exemple d'étude intéressante, nous vous proposons un tutoriel en électronique sur la façon de fabriquer votre propre collecteur de données environnementales alimenté par Arduino / ESP Do-It-Yourself



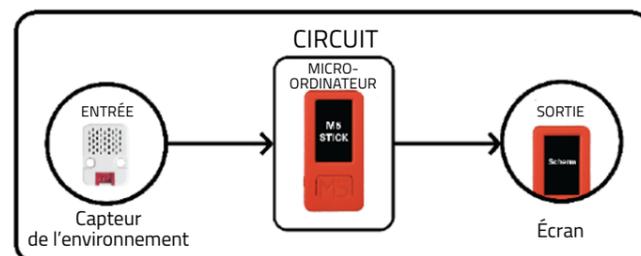
Microcontrôleur compatible
Arduino Uno, contrôle des
lumières LED



TUTORIEL: VISUALISATION DE DONNÉES ENVIRONNEMENTALES AVEC M5STICK

Comment savoir en un coup d'œil si nos plantes d'intérieur se plaisent ? Nous pouvons nous faciliter la tâche en programmant un circuit avec un capteur environnemental et un écran. Ainsi, nous pouvons communiquer avec nos plantes par l'intermédiaire d'un écran et répondre à tous leurs besoins.

Dans ce tutoriel, nous allons vous montrer comment capturer et visualiser les données provenant d'un capteur environnemental sur micro-ordinateur appelé M5stick Plus. Nous utiliserons également un câble pour le connecter à un ordinateur utilisant UI Flow pour coder notre M5stick et le capteur. Pour ce faire, nous utiliserons le circuit d'entrée-sortie suivant :



Connectez votre M5Stick ou autre dispositif M5Stack à votre ordinateur à l'aide d'un câble USB de type C approprié, et suivez les instructions suivantes pour le connecter à votre ordinateur et au programme de codage, UI Flow : https://docs.m5stack.com/en/quick_start/m5stickc_plus/uiflow

Dans le coin inférieur gauche de la fenêtre UI Flow de votre ordinateur, vérifiez que le M5stick est correctement connecté au M5Stick !

COM: COM4 [Connected]

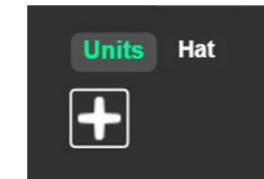
ÉTAPE 1 : AJOUT DU CAPTEUR ENVIRONNEMENTAL

D'abord physiquement :

- ⊕ Connectez votre capteur environnemental à la base du M5stick à l'aide d'un câble Grove ; ce capteur servira d'entrée dans notre projet.

Ensuite, numériquement :

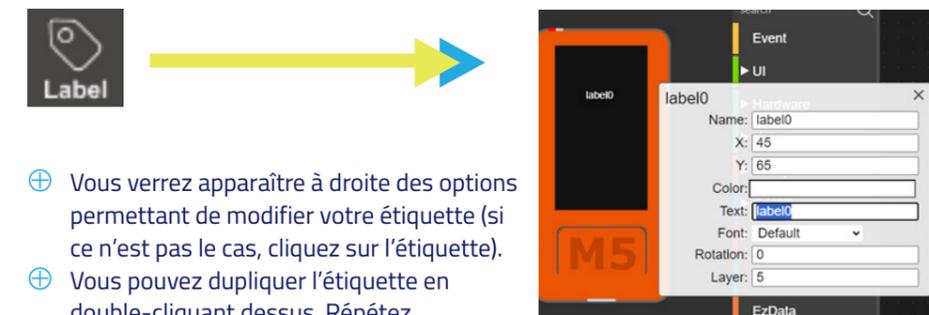
- ⊕ Ajoutez le capteur dans le programme en cliquant sur Units (1) puis sur le bouton +



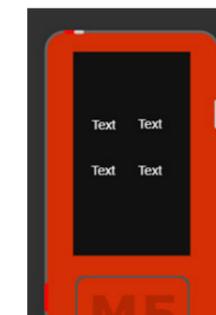
- ⊕ Sélectionnez le capteur environnemental dans la liste des capteurs (vous trouverez le nom exact du capteur au dos du capteur).
- ⊕ Cliquez sur « OK » pour finaliser l'ajout du capteur.

ÉTAPE 2 : VISUALISATION DES DONNÉES DU CAPTEUR

- ⊕ Ajoutez une étiquette à partir du côté gauche en la cliquant et en la faisant glisser sur l'écran virtuel du M5stick.



- ⊕ Vous verrez apparaître à droite des options permettant de modifier votre étiquette (si ce n'est pas le cas, cliquez sur l'étiquette).
- ⊕ Vous pouvez dupliquer l'étiquette en double-cliquant dessus. Répétez l'opération trois fois.
- ⊕ Faites une grille de 4 étiquettes comme sur l'image de droite.

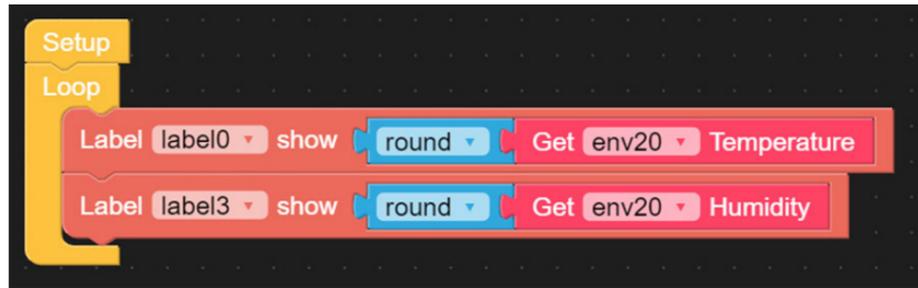


- ⊕ Modifiez le texte des étiquettes de droite pour qu'elles indiquent « C (Temperature) » & « % (Humidity) ». Ces étiquettes ne changeront pas, car elles sont uniquement là pour exprimer les unités des données.

- ⊕ Vous pouvez faire glisser des blocs de code de différentes catégories vers le champ vide à droite.
- ⊕ Trouvez les blocs de code suivants dans les catégories correspondantes : Event - Units - Math - UI > Label



- ⊕ Placez le bloc Loop sous Setup.
- ⊕ Placez le reste des blocs selon la structure suivante :



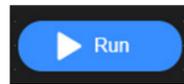
Attention ! Assurez-vous que les noms des étiquettes de vos blocs de code correspondent à vos étiquettes de gauche.

ÉTAPE 3 : TEST DU CAPTEUR

- ⊕ Appuyez sur le bouton de lecture dans le coin supérieur droit (les versions plus récentes du programme ont un bouton Run en bas à droite).



Ancienne version



Nouvelle version

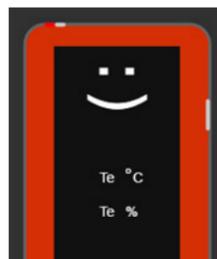
- ⊕ Vous pouvez souffler sur le capteur pour voir si les données changent sur l'écran de votre M5Stick.

Comment transformer notre M5Stick en une représentation créative de notre petite plante ? Avec l'écran, nous donnons à notre plante un visage pour s'exprimer. Codez les animations avec les étapes ci-dessous :

ÉTAPE 4 : AJOUT D'UN VISAGE

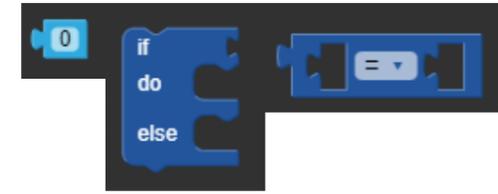
- ⊕ Ajoutez 2 étiquettes supplémentaires et faites-les pivoter de 90°.
- ⊕ Placez-les l'une en dessous de l'autre et remplacez le texte de l'étiquette supérieure par « : » et celui de l'étiquette inférieure par «) ».
- ⊕ Enfin, fixez la taille de la police à 72.

Vous devriez obtenir quelque chose qui ressemble à ceci :

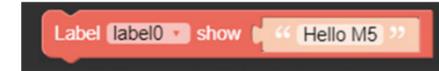


ÉTAPE 5 : AJOUT D'AUTRES BLOCS DE CODE

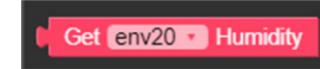
- ⊕ Trouvez les blocs de code suivants dans les catégories correspondantes : Math - Logic



- ⊕ Dupliquez deux fois le bloc suivant :



- ⊕ Dupliquez ce bloc une fois :



- ⊕ Maintenant que vous disposez de tous les blocs de code nécessaires, réorganisez-les pour obtenir le résultat suivant :



ÉTAPE 6 : EXÉCUTER VOTRE CODE SUR LA MACHINE

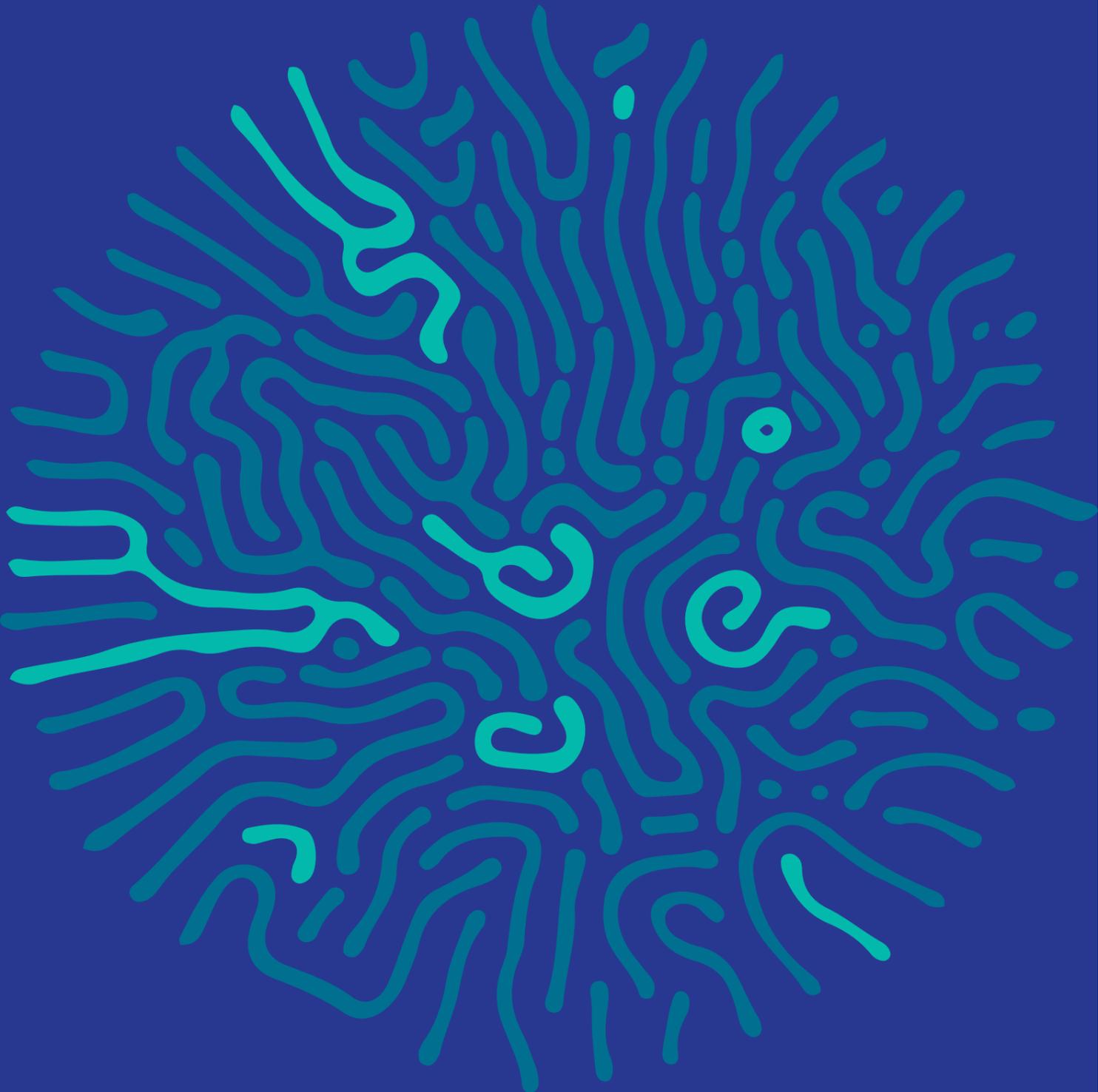
- ⊕ Testez à nouveau votre code en appuyant sur le bouton Play/Run.
- ⊕ Soufflez sur votre capteur pour voir si votre smiley change sur l'écran du M5Stick.

Félicitations, vous avez maintenant codé avec succès un capteur environnemental !

Voyez si vous pouvez ajouter d'autres composants à votre code, par exemple :

- Essayez de stocker les données du capteur.
- Créez une application Internet des objets qui affiche les données en ligne afin de pouvoir vérifier l'état de vos plantes où que vous soyez.

Vous pouvez trouver de nombreux documents et exemples de code pour tous les différents capteurs disponibles sur le site de M5 (https://docs.m5stack.com/en/uiflow/uiflow_home_page).



Environnement ouvert, systèmes naturels et approche cybernétique

On peut considérer la majeure partie du monde qui nous entoure et ce qu'il contient comme un système ouvert (par exemple, le corps humain, un organe spécifique, une cellule unique, un arbre, une forêt, un lac, une mer ou la planète Terre elle-même). Dans le monde des systèmes ouverts, les objets interagissent en permanence avec leur environnement, en échangeant de l'énergie, des matériaux et des informations. Dans les systèmes vivants, cet échange dynamique favorise souvent l'adaptation et l'évolution, car les systèmes réagissent aux stimuli externes pour maintenir leur stabilité et leur fonctionnalité. Qu'il s'agisse du réseau complexe des écosystèmes équilibrant les flux de nutriments et

d'énergie ou du réseau complexe des interactions sociales façonnant les sociétés humaines, les systèmes ouverts mettent en évidence l'interconnexion de tout ce qui est.

Par opposition, les systèmes fermés (tels que les environnements fermés techniques) constituent un environnement contrôlé dans lequel les processus internes se déroulent sans interférence extérieure. Un tel cadre contrôlé permet d'expérimenter et d'analyser avec précision : les scientifiques peuvent ainsi isoler les variables et étudier les principes fondamentaux en profondeur. Des réactions chimiques dans une chambre scellée au fonctionnement d'un système de rétroaction en boucle fermée en ingénierie, les systèmes fermés offrent un aperçu précieux des mécanismes sous-jacents des phénomènes complexes.



Un corps humain, un arbre et la planète Terre

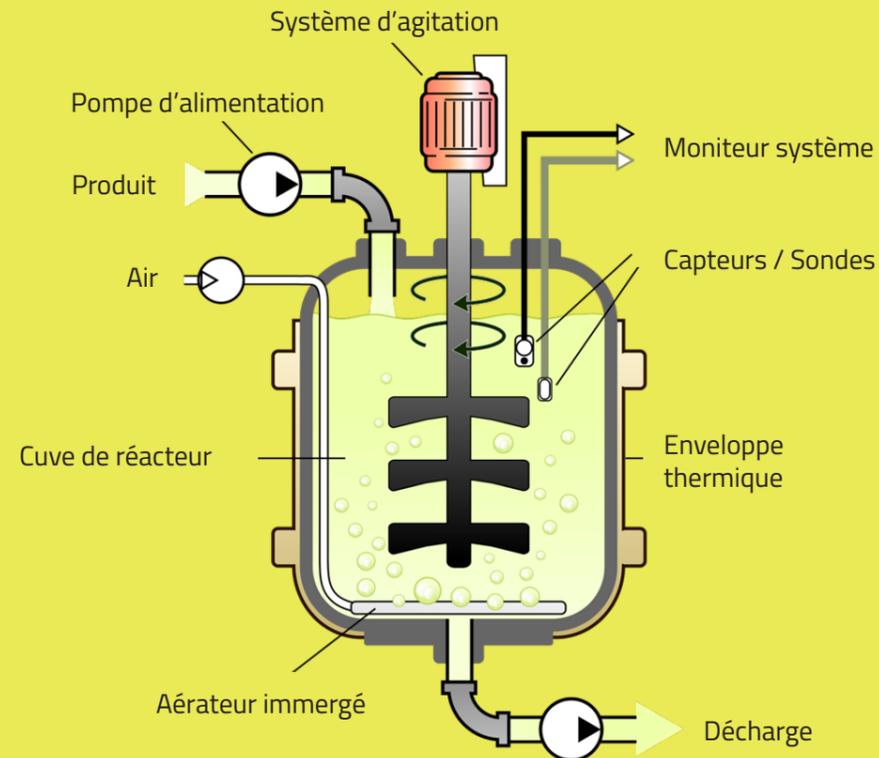


Schéma d'un bioréacteur courant (par Yassine Mrabet
CC BY-SA 3.0 2009)

Des exemples de pointe de systèmes fermés sont par exemple le Grand collisionneur de hadrons construit par le CERN pour la recherche sur les particules subatomiques, ou un bioréacteur – un instrument essentiel en biotechnologie, constitué de récipients où les facteurs environnementaux (température, pH, concentrations de gaz, etc.) sont finement contrôlés pour cultiver des cellules isolées et des tissus in vitro pour la recherche et la production de composés biologiques, de cellules vivantes et de dérivés.

La cybernétique, en tant que science de la communication et du contrôle des systèmes, comble le fossé entre les systèmes ouverts et les systèmes fermés. Elle explore la manière dont les boucles de rétroaction et les mécanismes de régulation permettent aux systèmes de maintenir leur stabilité et d'atteindre leurs objectifs dans des contextes naturels et artificiels. De la régulation de la température corporelle des organismes vivants à la conception de robots autonomes, la cybernétique fournit un cadre pour comprendre les processus d'homéostasie,

de communication et de contrôle qui sous-tendent le fonctionnement des systèmes complexes.

En étudiant l'interaction entre les objets et leur environnement, ainsi que les principes de la cybernétique, les scientifiques parviennent à mieux comprendre les dynamiques fondamentales qui régissent le monde qui nous entoure. Cette approche interdisciplinaire permet d'éclairer les complexités des systèmes naturels, mais elle permet aussi de concevoir des technologies plus efficaces et d'élaborer des stratégies pour un mode de vie durable dans un monde interconnecté.

3.2 Étude de cas DIY – exploration d'un environnement ouvert de votre choix

Nous vous invitons ici à un petit voyage d'exploration d'un système ouvert, afin d'explorer et d'étudier un système ouvert de votre choix et ses interconnexions complexes avec l'environnement.

Tenez compte de facteurs tels que la proximité de votre site, la facilité d'observation et de collecte des données, la disponibilité des ressources et du matériel, ainsi que les éventuelles restrictions juridiques ou logistiques.

TENEZ COMPTE DE LA PERTINENCE ET DE L'IMPACT

Réfléchissez à la pertinence et à l'impact potentiel de l'étude de chaque objet. Choisissez un objet qui correspond à vos centres d'intérêt, mais qui contribue également à l'élargissement des connaissances scientifiques, aux efforts de conservation ou à l'épanouissement individuel. Le choix d'un objet ayant une importance écologique ou une valeur pédagogique peut renforcer la pertinence et l'impact de votre étude.

RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN

Effectuez des visites de reconnaissance sur le terrain dans les sites d'étude potentiels, afin d'évaluer directement leur adéquation. Observez l'état de l'objet, l'environnement, l'accessibilité et les éventuelles difficultés ou possibilités d'étude. Prenez des notes, des photos et des données préliminaires pour éclairer votre processus de décision.

SÉLECTIONNEZ L'OBJET DE VOTRE CHOIX

À partir de vos recherches, de votre évaluation et de votre reconnaissance sur le terrain, décidez en connaissance de cause de l'objet à étudier. Choisissez un objet qui vous passionne et vous inspire, qui correspond à vos intérêts et à vos objectifs et qui offre des possibilités pratiques d'observation, de collecte de données et d'analyse.

Choisissez un objet dans un environnement ouvert qui vous intrigue. Il peut s'agir d'une espèce végétale ou animale, d'une formation

3.2.1 OBJET

IDENTIFIEZ VOS CENTRES D'INTÉRÊT

Tenez compte de vos centres d'intérêt, de vos passions et de vos objectifs pour l'étude. La biologie végétale vous intrigue, les écosystèmes aquatiques vous fascinent ou l'horticulture vous intéresse ? L'identification de vos centres d'intérêt vous guidera dans le choix d'un objet d'étude correspondant à votre curiosité et à vos objectifs.

RECHERCHEZ DES OBJETS POTENTIELS

Effectuez des recherches préliminaires sur les différents objets que vous envisagez d'étudier. Découvrez leurs caractéristiques, leurs rôles écologiques, leurs habitats et leur importance dans l'environnement au sens large. Explorez la diversité des options disponibles, qui vont des organismes spécifiques tels que les arbres et les plantes à des écosystèmes entiers comme les jardins, les étangs ou les forêts.

ÉVALUEZ L'ACCESSIBILITÉ ET LA FAISABILITÉ

Évaluez l'accessibilité et la faisabilité de l'étude de chaque objet potentiel.



Un buisson et un lac

géologique, d'une étendue d'eau ou de tout autre élément de l'écosystème.

DONNEZ-LUI UN NOM

Cela peut sembler idiot, mais en lui donnant un nom, vous aurez plus de chances d'établir des liens plus étroits avec votre objet d'étude et d'être plus motivé pour l'explorer – c'est pourquoi nous vous encourageons à le faire.

PLANIFIEZ VOTRE APPROCHE DE L'ÉTUDE

Élaborez un plan d'étude décrivant les objectifs de la recherche, les méthodologies, le calendrier et les ressources nécessaires. Réfléchissez aux questions de recherche spécifiques que vous souhaitez aborder, aux méthodes que vous utiliserez pour la collecte et l'analyse des données, ainsi qu'aux permis ou autorisations nécessaires pour mener des recherches dans le lieu choisi.

RECHERCHE – COMMENCEZ VOTRE ÉTUDE

Une fois que vous avez sélectionné l'objet de votre choix et planifié votre approche de l'étude, commencez votre enquête avec détermination. Mettez en œuvre votre plan de recherche, collectez des données, analysez les résultats et tirez des conclusions qui contribuent à votre compréhension de l'objet et de son contexte écologique au sens large.

Veillez à utiliser votre journal de recherche – un carnet dans lequel vous pouvez noter toutes les données mesurables, les notes, les idées et les pensées.

Effectuez des recherches approfondies sur l'objet choisi. Recueillez des informations supplémentaires auprès de sources fiables telles que des revues scientifiques, des manuels et des publications universitaires. Renseignez-vous sur les caractéristiques de l'objet, son habitat, son rôle écologique, ses interactions avec d'autres organismes, les facteurs environnementaux affectant sa survie et les recherches en cours ou les efforts de conservation le concernant. Consignez vos résultats dans un carnet.

OBSERVATION SUR LE TERRAIN

Visitez le lieu où votre objet existe dans son environnement naturel. Passez du temps à observer et à documenter son comportement, ses attributs physiques et ses interactions avec son environnement. Prenez des notes détaillées, des photos et des vidéos afin d'enregistrer vos observations avec précision.

COLLECTE DE DONNÉES

Recueillez des données quantitatives et qualitatives pertinentes pour votre étude de cas. Il peut s'agir de mesures de variables environnementales telles que la température, l'humidité et le pH, ainsi que d'observations comportementales, de comptages de population et d'évaluations de l'habitat. Utilisez les outils dont vous disposez.

ANALYSE

Analysez les données que vous avez collectées pour identifier des modèles, des tendances et des corrélations. Examinez comment les facteurs environnementaux influencent le comportement, la distribution et la survie de l'objet. Utilisez les principes scientifiques et les outils analytiques pour interpréter les résultats et tirer des conclusions significatives.

DOCUMENTATION

Compilez vos notes, observations, données et analyses dans un rapport d'étude de cas complet de 2 à 3 pages. Organisez vos résultats de manière logique, en incluant une introduction, des informations générales, des méthodes, des résultats, une analyse et une conclusion. Utilisez un langage clair et concis, accompagné de supports visuels tels que des tableaux, des graphiques et des cartes, pour présenter vos résultats de manière efficace.

EXAMEN PAR LES PAIRS

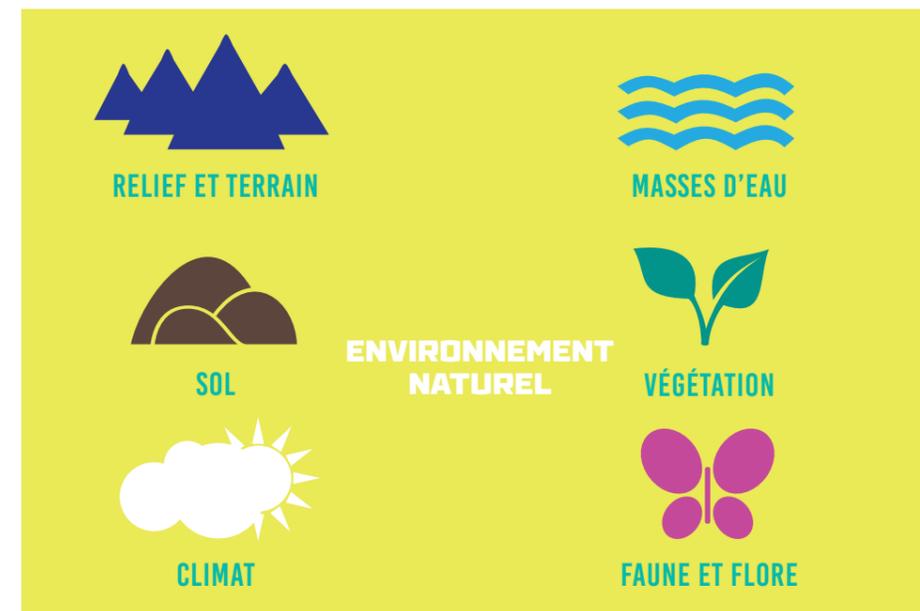
Demandez l'avis de vos pairs – présentez-leur votre étude de cas et demandez-leur un avis. La critique constructive est un excellent outil d'apprentissage. Incorporez leurs suggestions afin d'améliorer la clarté, la précision et la rigueur de votre analyse dans cet exemple d'étude de cas et à l'avenir.

En suivant ces étapes, vous pouvez créer une étude de cas complète sur un objet en milieu ouvert de votre choix, enrichir votre compréhension de son importance écologique et contribuer aux connaissances scientifiques et aux efforts de conservation.

3.2.2 L'ENVIRONNEMENT

3.2.2.1 INTRODUCTION

L'environnement naturel comprend les éléments vivants et non vivants de notre planète, comme la terre, l'eau et tous les êtres vivants. Il comprend tout : des montagnes les plus imposantes aux océans les plus profonds, des micro-organismes les plus minuscules aux prédateurs les plus puissants. Cet environnement est en constante évolution et plein de vie. Il ne s'agit pas d'une image fixe, mais plutôt d'une scène vivante, en mouvement, qui abrite de nombreuses formes de vie.



COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL

L'environnement naturel ne se résume pas à une collection d'éléments distincts. Ses principales composantes interagissent les unes avec les autres, façonnant le type d'écosystème qui se développe et influe sur la vie de ses habitants. Comme dans une équipe bien coordonnée, chaque élément joue un rôle essentiel dans l'existence de la vie. Par exemple, les plantes produisent de l'oxygène par photosynthèse, ce qui permet aux animaux de vivre, tandis que les animaux produisent du dioxyde de carbone, essentiel à la croissance des plantes. Cette interdépendance s'étend à tous les niveaux de l'écosystème.

LES VARIABLES DE MESURE ET D'ÉTUDE

Pour comprendre l'environnement naturel, nous nous appuyons sur différentes variables, qui sont des éléments ou des paramètres spécifiques pouvant être mesurés et étudiés. Ces variables nous aident à comprendre comment les différentes composantes de l'environnement sont reliées entre elles. Voici quelques variables clés :

A. TEMPÉRATURE

Mesure la chaleur ou la froideur de l'air, de l'eau ou du sol. Elle influence le comportement et la répartition des organismes vivants.

B. HUMIDITÉ

Indique la quantité d'humidité dans l'air. Elle affecte la croissance des plantes, le comportement des animaux et les conditions météorologiques.

C. PRÉCIPITATIONS

Comprend les pluies, les chutes de neige et toutes les autres formes d'eau tombant de l'atmosphère. Cette variable est essentielle au cycle de l'eau et à la survie des écosystèmes.

D. VITESSE ET DIRECTION DU VENT

Décrit le mouvement de l'air. Elle a un impact sur le climat, la pollinisation des plantes et la dissémination des graines.

E. LUMINOSITÉ

Elle nous indique la quantité de lumière solaire qui atteint une zone. Elle est indispensable à la croissance des plantes et à l'orientation des animaux.

Différentes plantes et différents animaux ont besoin de quantités de lumière différentes.

F. COMPOSITION DU SOL

La composition et la qualité du sol sont essentielles à la croissance des plantes et servent d'habitat à de nombreux organismes.

G. NIVEAU DE pH

Mesure l'acidité ou l'alcalinité de l'eau ou du sol. Le pH influence les types de plantes et d'animaux qui peuvent prospérer dans un environnement donné.

H. NIVEAUX DE POLLUTION

Quantifie la présence de substances nocives dans l'air, l'eau ou le sol. La surveillance de la pollution contribue à protéger la santé des écosystèmes et des populations humaines.

I. BIODIVERSITÉ

Concerne la diversité et l'abondance des organismes vivants dans une zone donnée. Elle indique la santé et la résilience d'un écosystème.

J. COUVERTURE VÉGÉTALE

Décrit la densité et les types de plantes dans une zone. Elle est essentielle pour comprendre la qualité de l'habitat et les services écosystémiques.

En mesurant et en étudiant ces variables, nous obtenons des informations précieuses sur les interactions complexes qui façonnent l'environnement naturel. Cela nous aide à faire des choix intelligents et éclairés pour prendre soin de notre planète et utiliser ses ressources de manière à maintenir l'équilibre des écosystèmes à long terme.

3.2.2.2 QUESTIONNAIRE D'ÉTUDE PAR OBSERVATION GUIDÉE POUR L'EXPLORATION IN SITU

Toutes les variables s'influencent les unes les autres et produisent un environnement. Il s'agit d'étudier les schémas d'interdépendance entre les variables. (En fonction de l'objet d'observation choisi, il est possible que vous ne puissiez pas mesurer toutes les variables)

Chaque variable pourra être mesurée par l'outil artisanal Do-It-Yourself mentionné au point 2.3 Équipement de base (par exemple, température et humidité par Arduino/ESP équipé d'un capteur DHT11). Il en va de même pour toutes les observations et expériences)

1. Mesurez les variables tout au long de la journée.

Variable	8h00	12h00	16h00	20h00
Température				
Humidité				
Précipitations				
Vitesse et direction du vent				
Luminosité				
pH				

2. Tracez des graphiques des données que vous avez collectées, de sorte que l'axe des x représente le moment de la collecte et l'axe des y les données. Essayez de placer plus d'une variable sur un même graphique afin de mieux visualiser l'interdépendance des variables (par exemple la température et l'humidité).

3. Quelle est la relation entre ces variables ? Avez-vous remarqué des règles dans leurs comportements ?

4. Trouvez une fleur (marguerite, pissenlit, etc.). Remarquez la relation entre la quantité de lumière du soleil et le fait que la fleur soit ouverte ou fermée. Pourquoi la fleur s'ouvre-t-elle et se ferme-t-elle en fonction de la quantité de lumière solaire disponible ?

Toutes les variables s'influencent les unes les autres et produisent un environnement.

3.2.2.3 EXPÉRIENCE : EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE DO-IT-YOURSELF CONCERNANT LA COMPOSITION DU SOL

Le sol, souvent négligé mais essentiel à la vie sur Terre, est un mélange dynamique et complexe de particules minérales, de matières organiques, d'eau et d'air. Il sert de base aux écosystèmes terrestres, favorisant la croissance des plantes et fournissant un habitat à une myriade d'organismes. Le sol joue également un rôle essentiel dans le cycle des nutriments, la filtration de l'eau et le stockage du carbone. Ses propriétés varient considérablement d'une région à l'autre et d'un climat à l'autre, ce qui a une influence sur la productivité agricole, sur l'utilisation des terres et même sur les pratiques culturelles. La santé et la conservation des sols sont primordiales pour la durabilité de l'agriculture, la biodiversité et l'atténuation des effets du changement climatique, ce qui en fait une ressource naturelle précieuse et souvent sous-estimée.

L'une des caractéristiques les plus importantes du sol est sa texture. La texture du sol fait référence aux proportions relatives de particules de sable, de limon et d'argile dans un échantillon de sol. Ces particules déterminent les propriétés physiques du sol, notamment sa capacité à retenir l'eau et les nutriments, son aération et son aptitude à être travaillé par les racines des plantes. Les sols sablonneux ont des particules plus grosses et plus grossières, ce qui permet un bon drainage mais nécessite souvent plus d'irrigation et de fertilisation. Les sols limoneux ont des particules de taille intermédiaire, ce qui leur permet de mieux retenir l'eau et d'être plus fertiles. Les sols argileux, dont les particules sont les plus petites, retiennent exceptionnellement bien l'eau mais peuvent devenir compacts et mal aérés. La compréhension de

la texture du sol est essentielle pour la réussite de l'agriculture et du jardinage, car cette texture influence le choix des plantes et la nécessité d'amender le sol pour optimiser les conditions de croissance.

Le pH du sol est également une caractéristique fondamentale. Le pH influence grandement la disponibilité des nutriments pour les plantes. Par exemple, les sols acides peuvent fournir un accès limité aux nutriments essentiels tels que le calcium et le magnésium, tandis que les sols alcalins peuvent retenir le fer et d'autres micronutriments. Il est donc essentiel de comprendre et de gérer le pH du sol pour optimiser la santé des cultures et des plantes, car le pH influe directement sur leur capacité à absorber les nutriments vitaux du sol. Les sols dont le pH est inférieur à 7 sont considérés comme acides, tandis que ceux dont le pH est supérieur à 7 sont alcalins.

La dernière composante du sol est biologique. Le sol est un écosystème animé qui regorge d'une myriade d'organismes : bactéries et champignons microscopiques, ou créatures de plus grande taille telles que les vers de terre et les insectes. Ces organismes constitutifs du sol jouent un rôle essentiel dans le cycle des nutriments, la décomposition et la santé générale du sol. Ils décomposent la matière organique, ce qui libère des nutriments pour les plantes, améliorent la structure du sol et aident à lutter contre les parasites, ce qui fait d'elles des contributeurs indispensables à la productivité et à la durabilité des écosystèmes terrestres.

Dans cette expérience, nous déterminerons les principales caractéristiques du sol par le biais de trois modalités : déterminer le type et la composition du sol, tester le pH du sol et effectuer une observation microscopique.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Échantillons de sol
- ⊕ Eau
- ⊕ Bocal en verre ou éprouvette graduée
- ⊕ Jus de chou
- ⊕ Compte-gouttes
- ⊕ Microscope
- ⊕ Règle

PREMIÈRE PARTIE : DÉTERMINER LE TYPE ET LA COMPOSITION DU SOL

ÉTAPE 1 : PRÉPAREZ LA SOLUTION SOL-EAU

Mélangez un échantillon de sol avec de l'eau dans un bocal et agitez bien pour créer une suspension. Transférez le mélange dans une éprouvette graduée si vous en avez une, sinon vous pouvez utiliser un pot plus fin ou un verre cylindrique comme récipient et une règle standard pour les mesures.

ÉTAPE 2 : LAISSEZ LA SOLUTION REPOSER

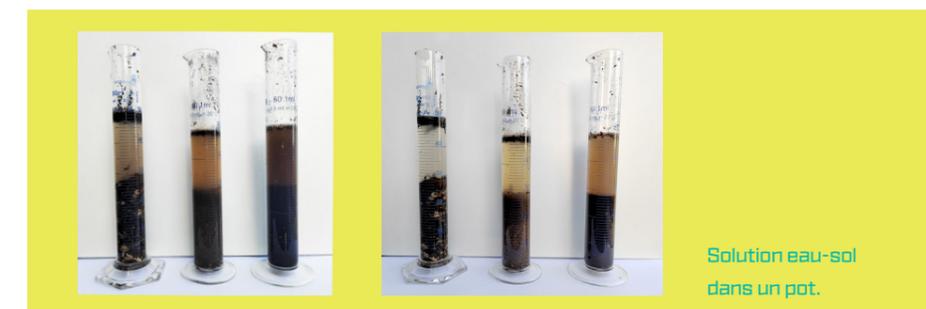
Laisser reposer le mélange pendant un certain temps (environ 48 heures ou jusqu'à ce que l'eau redevienne complètement transparente). Avec le temps, les différentes particules du sol se déposent en couches. La première couche décantée sera constituée de sable et la suivante de limon. La troisième, constituée d'argile, sera la plus longue à s'installer.

ÉTAPE 3 : OBSERVEZ LA SÉPARATION DES MINÉRAUX ET DES MATIÈRES ORGANIQUES

Notez que les couches décantées sont principalement constituées de composants minéraux, tandis que la matière organique a tendance à flotter au-dessus ou à rester en suspension.

ÉTAPE 4 : MESUREZ ET CALCULEZ

Utilisez une règle pour mesurer le volume de chaque couche dans le bocal. Si vous utilisez une éprouvette graduée, mesurez soigneusement le volume de chaque couche (sable, limon, argile) à l'aide des marques sur l'éprouvette. Consignez ces volumes.



ÉTAPE 5 : CALCULEZ LES POURCENTAGES

En utilisant les volumes consignés, calculez le pourcentage de chaque type de sol dans le mélange.

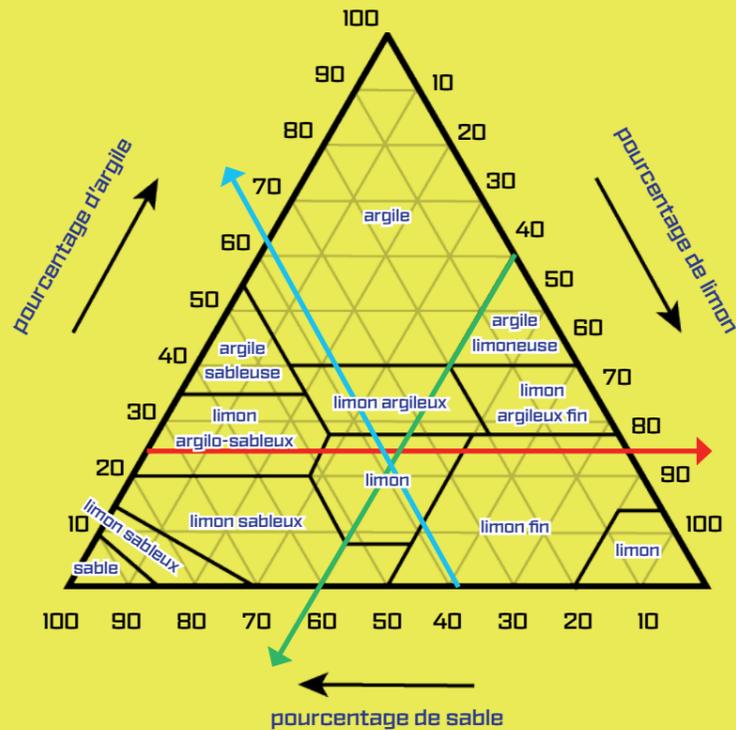
$$\left(\frac{\text{VOLUME COMPOSANTE SOL}}{\text{VOLUME TOTAL}} \right) \times 100 = \text{POURCENTAGE COMPOSANTE SOL (\%)}$$

ÉTAPE 6 : UTILISEZ LE TRIANGLE DES TEXTURES DU SOL

Le triangle des textures du sol permet de déterminer le type de sol en fonction des pourcentages de sable, de limon et d'argile.



Échantillons de sol.



Le triangle des textures du sol

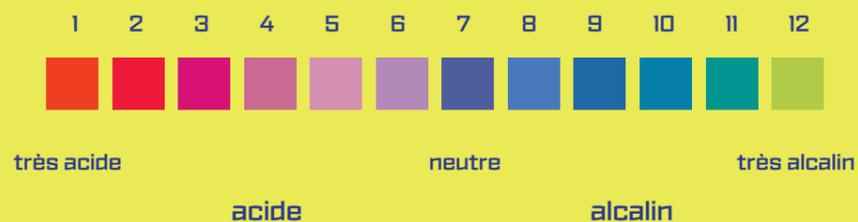
PARTIE 2 : TESTER LE PH DU SOL

ÉTAPE 1 : CRÉEZ UN PH-MÈTRE AVEC DU JUS DE CHOU

Voir le chapitre 2.3.1.

ÉTAPE 2 : APPLIQUEZ DU JUS DE CHOU

Prenez une petite quantité de terre dans une coupelle et ajoutez-y des gouttes de jus de chou. Observer tout changement de couleur. Les couleurs rose à rouge indiquent l'acidité ; le violet est neutre, tandis que le bleu, le vert et le jaune indiquent l'alcalinité.



Échelle pH du jus de chou rouge

PARTIE 3 : OBSERVATION MICROSCOPIQUE

Cette expérience nécessite un microscope avec un grossissement minimum de 40x. En conséquence, n'importe quel microscope suffira (microscope jouet pour enfants, microscope professionnel ou microscope fait maison Do-It-Yourself que vous pouvez assembler à partir d'une vieille webcam ou d'un pointeur laser – au moyen d'instructions facilement trouvées en ligne sur des sites tels que https://hackteria.org/wiki/DIY_microscopy – en anglais).

ÉTAPE 1 : PRÉPARATION

Prenez une petite quantité de terre et placez-la sur une lame de microscope. Ajoutez une goutte d'eau et recouvrez d'une lamelle couvre-objet.

ÉTAPE 2 : OBSERVEZ AU MICROSCOPE

Examinez les particules de terre au microscope. Notez leurs formes, leurs tailles et leurs structures. Essayez d'utiliser différents niveaux de grossissement. Tout est-il inorganique et immobile ou des organismes vivants mobiles sont-ils présents ?

1. Combien de temps a-t-il fallu à votre échantillon pour se stabiliser ?
2. L'analyse de la composition du sol permet de déterminer le type de sol.
3. Quel est le pH du sol de votre échantillon ?
Qu'est-ce que cela signifie pour les organismes qui y vivent ?
4. Observez l'échantillon de sol au microscope et dessinez les différentes particules inorganiques qui le composent. Essayez de déterminer s'il s'agit de sable, de limon ou d'argile.
5. Des matières organiques mortes sont-elles présentes ? Dessinez-les et essayez de les identifier.
6. Votre échantillon contient-il des organismes vivants ? Dessinez-les et essayez de les identifier.

3.2.2.4 4 EXPÉRIENCE : ANALYSE DE L'EAU EN LABORATOIRE ARTISANAL DIY

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Échantillons d'eau
- ⊕ Petits plats ou récipients
- ⊕ Compte-gouttes ou pipette
- ⊕ Microscope
- ⊕ Lames de microscope et lamelles couvre-objet
- ⊕ Bandelettes de test du pH de l'eau (facultatif)

PARTIE 1 : TEST DU PH AVEC DU JUS DE CHOU

ÉTAPE 1 : PRÉLEVER DES ÉCHANTILLONS D'EAU

Il est préférable de tester plusieurs échantillons d'eau en parallèle, par exemple en comparant des échantillons d'eau extérieure (provenant d'un lac, d'une mer, d'un étang, d'une mangeoire pour oiseaux, etc.

Rassemblez des échantillons d'eau provenant de différentes sources dans des récipients séparés et étiquetez-les afin de ne pas les mélanger.

ÉTAPE 2 : TESTEZ LE PH AU JUS DE CHOU

À l'aide d'un compte-gouttes ou d'une pipette, ajoutez quelques gouttes d'indicateur au jus de chou à chaque échantillon d'eau. Observez tout changement de couleur. Les couleurs rose à rouge indiquent l'acidité, le violet est neutre, tandis que le bleu, le vert et le jaune indiquent l'alcalinité. À titre de comparaison, vous pouvez également utiliser des bandelettes de test de pH (disponibles dans les animaleries pour tester l'eau des aquariums) pour vérifier les résultats.

PARTIE 2 : OBSERVATION MICROSCOPIQUE D'UN ÉCHANTILLON D'EAU

ÉTAPE 1 : PRÉPAREZ UNE LAME DE MICROSCOPE

À l'aide d'un compte-gouttes, déposez une petite goutte d'eau de l'échantillon sur une lame de microscope propre.

ÉTAPE 2 : COUVREZ ET OBSERVEZ

Placez délicatement une lamelle couvre-objet sur la goutte d'eau, en veillant à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air. Placez soigneusement la lame sur la platine du microscope et faites la mise au point sur l'échantillon d'eau. Utilisez le microscope pour explorer les organismes microscopiques présents dans l'échantillon d'eau. Notez leurs formes, leurs mouvements et toutes les caractéristiques observables.

ÉTAPE 3 : CONSIGNEZ VOS RÉSULTATS

Faites des croquis ou prenez des photos pour documenter vos observations.

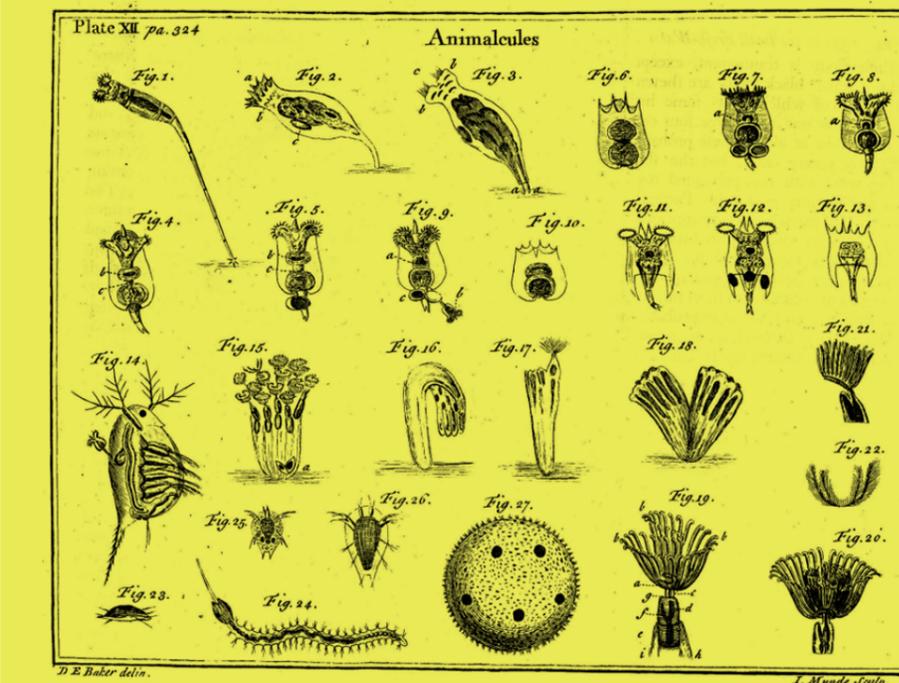
1. Quels sont les niveaux de pH de vos échantillons ? Comment cela affecte-t-il les organismes vivant dans l'eau ?
2. Essayez de prélever plusieurs échantillons de différentes sources d'eau (étang, rivière, mer, évier, etc.) et déterminez leur pH. Y a-t-il une différence de pH entre les différentes sources d'eau ? Essayez de déterminer la cause de ces différences.

3. Constatez-vous la présence d'organismes qui nagent activement ? Si tel est le cas, faites-en un croquis et essayez de les identifier.

4. Constatez-vous la présence d'organismes sédimentaires (qui ne bougent pas) ? Faites-en un croquis et essayez de les identifier.

5. Pouvez-vous déterminer les organismes qui sont photosynthétiques et les organismes qui sont hétérotrophes (qui consomment d'autres organismes ou des particules organiques) ?
Tous les organismes photosynthétiques de votre échantillon sont-ils sédimentaires comme les plantes ou certains se déplacent-ils ?
Tous les organismes que vous voyez sont-ils des protozoaires et des algues ou existe-t-il d'autres types d'êtres vivants ?

6. Avez-vous remarqué une différence dans le nombre d'espèces et d'organismes que vous avez trouvés dans vos échantillons entre les différentes sources d'eau ?



Animalcules par Henry Baker 1754. (d'après Wellcome images par Wellcome Trust, organisation caritative britannique CC BY 4.0)

3.2.3 INTERACTION

Les interactions écologiques jouent un rôle essentiel dans la formation des écosystèmes et le maintien de l'équilibre délicat de la vie sur Terre. Ces interactions englobent un large éventail de relations entre les organismes et leur environnement, résultant en un réseau complexe de dépendances qui maintiennent la vie telle que nous la connaissons. Elles peuvent être classées en interactions intraspécifiques et interspécifiques.

Les interactions intraspécifiques sont des interactions entre individus de la même espèce. Ces interactions sont essentielles pour des activités telles que l'accouplement, la coopération, la compétition pour les ressources au sein d'une population et l'établissement de hiérarchies sociales, qui influencent toutes la dynamique de la population et les comportements d'une espèce particulière dans son environnement.

Les interactions inter-espèces font quant à elles référence aux relations et aux interactions entre les différentes espèces d'un écosystème. Ces interactions peuvent prendre diverses formes, telles que la prédation, le mutualisme, la compétition ou le commensalisme. Elles jouent un rôle essentiel dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Les types d'interactions les plus importants à comprendre sont les suivants :

- ⊕ **LA PRÉDATION** est une interaction écologique fondamentale dans laquelle un organisme, appelé prédateur, chasse, tue et consomme un autre organisme, la proie, pour se nourrir. Cette interaction joue un rôle fondamental dans la régulation des populations, dans les adaptations évolutives et dans le maintien de l'équilibre écologique au sein des écosystèmes.
- ⊕ **LE PARASITISME** est une relation symbiotique dans laquelle un organisme, le parasite, profite d'un autre organisme, l'hôte, en en tirant des nutriments, un abri ou d'autres ressources. Ces interactions peuvent concerner de parasites microscopiques comme les bactéries, aussi bien que de grands organismes comme

les tiques et les ténias. Elles ont souvent des répercussions importantes sur la santé et le comportement du parasite et de l'hôte.

- ⊕ **LE MUTUALISME** est une interaction écologique captivante, impliquant deux ou plusieurs espèces dans une relation mutuellement avantageuse qui augmente leurs chances de survie et de reproduction. Parmi les exemples, on peut citer la pollinisation assurée par des animaux tels que les abeilles, les colibris et les chauves-souris, qui bénéficient du nectar tout en permettant la reproduction des plantes, ou encore le rôle vital que jouent les animaux dans la dispersion des graines, soit par ingestion et excrétion, soit en emportant les graines dans leur fourrure ou dans leurs plumes. Ces interactions illustrent la dimension remarquable de la coopération entre les organismes de la nature pour atteindre des objectifs communs.
- ⊕ **LE COMMENSALISME** est une interaction écologique dans laquelle une espèce bénéficie d'un avantage tandis que l'autre n'est pas affectée. La relation entre les poissons remora et les requins en est un exemple : le remora s'attache au requin pour s'y accrocher, obtenant ainsi une protection et un accès aux nutriments, sans pour autant nuire au requin ni lui apporter un quelconque avantage.
- ⊕ **LA CONCURRENCE** pour les ressources est une autre interaction écologique fondamentale. Lorsque deux espèces ou plus se disputent les mêmes ressources limitées, comme la nourriture, l'eau ou les abris, elles s'engagent dans une lutte pour la survie. Cette concurrence peut conduire à l'évolution de traits ou de comportements spécialisés qui permettent aux espèces de coexister en occupant des niches légèrement différentes au sein d'un écosystème. La concurrence s'exerce également entre les individus d'une même espèce.

3.2.3.1. QUESTIONNAIRE GÉNÉRAL D'OBSERVATION

Utilisez ce questionnaire pour enregistrer vos observations sur l'objet choisi au Chapitre 3.2.1.

Observez l'objet que vous avez choisi à différents moments de la journée, sur plusieurs jours ou à différentes saisons !

1. **Quelle est la quantité de lumière solaire qui atteint l'objet observé ? La lumière du soleil est-elle la même partout sur votre objet ?**
2. **Observez la vie végétale sur et dans l'objet de votre choix ! Où les plantes poussent-elles ? Préfèrent-elles les endroits ensoleillés ou ombragés ? Essayez de les identifier.**
3. **Observez différents animaux sur et dans votre objet ! Vivent-ils sur ou dans l'objet ou n'y passent-ils qu'une partie de leur temps ? Que font-ils là (se nourrir, s'abriter, etc.) ? Essayez de les identifier.**
4. **Existe-t-il des parties de l'objet que certains organismes préfèrent et d'autres qu'ils évitent activement ? Lesquels et pourquoi ?**
5. **Dressez la liste de tous les êtres vivants que vous avez remarqués lors de vos observations !**
6. **Y a-t-il des moments de la journée ou de la saison où certains organismes sont plus actifs et d'autres où ils le sont moins ? Le climat les affecte-t-il ?**
7. **Essayez d'écrire tout ce que vous avez pu remarquer en observant.**

3.2.3.2. EXPÉRIENCE : PIÈGE À MIEL ARTISANAL DIY (POUR LES INSECTES)

Les insectes sont des membres incroyablement divers et abondants du règne animal, et leurs contributions à l'écologie sont à la fois étendues et essentielles. Ils jouent un rôle fondamental dans différents processus écologiques :

- ⊕ Dans le domaine de la pollinisation, les insectes tels que les abeilles, les papillons et les coléoptères sont essentiels à la reproduction de nombreuses espèces végétales. Ils facilitent la production de fruits, de légumes et de noix, qui assurent la subsistance de nombreuses espèces, mais constituent également des sources de nourriture essentielles pour les humains.
- ⊕ Dans le processus de décomposition, les insectes tels que les fourmis, les coléoptères et les mouches agissent comme les recycleurs de la nature, en décomposant les matières organiques mortes. Leurs efforts accélèrent le processus de décomposition, ce qui permet de restituer des nutriments au sol et d'en améliorer la fertilité.
- ⊕ Outre leur utilité pour la décomposition, les insectes jouent également le rôle de prédateurs et de proies dans diverses

chaînes alimentaires. Ils aident à réguler les populations d'insectes herbivores et de petits arthropodes, contribuant ainsi à l'équilibre général des écosystèmes.

- ⊕ Par ailleurs, les insectes sont d'importants indicateurs de la santé de l'environnement. Les changements dans leurs populations ou leurs comportements peuvent signaler des perturbations environnementales et de la pollution, ce qui peut aider les chercheurs à évaluer le bien-être des écosystèmes.
- ⊕ Les insectes constituent une source alimentaire importante pour de nombreux animaux, notamment les oiseaux, les chauves-souris et les amphibiens, ce qui en fait une source d'énergie essentielle pour les niveaux trophiques supérieurs des réseaux alimentaires.
- ⊕ Certains insectes, comme les termites et les fourmis, sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème en raison de leur construction de tunnels souterrains et de monticules complexes. Ces structures modifient la composition du sol et l'écoulement de l'eau, ce qui a un impact sur les habitats locaux.
- ⊕ Certains insectes, comme les fourmis et les coléoptères, contribuent à la dispersion des graines en les transportant vers de nouveaux sites, ce qui favorise la diversité des plantes et les aide à coloniser de nouveaux territoires.
- ⊕ En outre, les insectes peuvent influencer les cycles des nutriments, en particulier l'azote. Certaines espèces peuvent fixer l'azote atmosphérique sous des formes utilisables par les plantes, contribuant ainsi à la fertilité du sol.

En résumé, les insectes jouent un rôle fondamental dans divers processus

écologiques, tels que la pollinisation, la décomposition et le cycle des nutriments. Leurs contributions multifformes soulignent leur importance dans le maintien de la biodiversité et de l'équilibre écologique, d'où l'importance de leur conservation pour les écosystèmes et le bien-être humain.

Dans cette expérience, nous allons fabriquer un simple piège à miel artisanal Do-It-Yourself qui nous aidera à observer les espèces d'insectes dans notre environnement.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Bouteille en plastique
- ⊕ Miel
- ⊕ Ciseaux
- ⊕ Ficelle ou ficelle
- ⊕ Facultatif : petits bâtons ou brindilles

ÉTAPE 1 : PRÉPARATION DE LA BOUTEILLE

Commencez par vous assurer que la bouteille en plastique est propre et sèche. Enlevez toute étiquette ou tout résidu.

ÉTAPE 2 : FABRICATION DU PIÈGE

Avec les ciseaux, coupez soigneusement la bouteille en deux à l'horizontale, créant ainsi deux éléments distincts. Vous utiliserez la moitié supérieure pour le piège. Retournez la moitié supérieure de la bouteille, de manière à ce que l'extrémité ouverte soit tournée vers le bas. Elle servira d'entonnoir pour guider les insectes dans le piège.

ÉTAPE 3 : MONTAGE D'UNE BOUCLE DE SUSPENSION (FACULTATIF)

Si vous prévoyez de suspendre votre piège, utilisez les ciseaux pour faire deux petits trous près du haut de la bouteille. Passez un morceau de ficelle dans ces trous et faites un nœud pour créer une boucle de suspension.

ÉTAPE 4 : APPLICATION DU MIEL

Enduisez généreusement le fond de la bouteille de miel. Cela servira d'appât pour les insectes.

ÉTAPE 5 : ASSEMBLAGE DU PIÈGE

Replacez le bouchon enduit de miel sur la moitié inférieure de la bouteille. Veillez à ce que les bords soient correctement alignés.

ÉTAPE 6 : PERCHOIR OPTIONNEL (POUR LES ABEILLES)

Si vous ciblez spécifiquement les abeilles, vous pouvez insérer de petits bâtons ou des brindilles horizontalement dans la bouteille. Les abeilles disposeront ainsi d'un perchoir sur lequel elles pourront se poser.

ÉTAPE 7 : ACCROCHAGE DU PIÈGE (FACULTATIF)

Si vous avez monté une boucle de suspension, trouvez un endroit approprié pour accrocher votre piège. Assurez-vous qu'il se trouve dans une zone où vous avez constaté une activité d'insectes.



Piège à insectes



Mangeoire pour les oiseaux

Suspendez votre mangeoire dans un endroit sûr et bien visible, de préférence près d'une fenêtre. Si possible, placez-la quelque part sur l'objet choisi. Utilisez votre questionnaire pour consigner vos observations.

1. Combien d'espèces d'oiseaux avez-vous vues ? Pouvez-vous identifier les espèces ?
2. Que faisaient les oiseaux ? (manger, voler, se reposer, etc.)
3. Avez-vous remarqué des comportements intéressants ?
4. Y avait-il d'autres animaux dans les environs ? (écureuils, insectes, etc.) Si oui, énumérez-les.
5. Préparez deux mangeoires différentes, l'une avec des graines plus grosses et l'autre avec des graines plus petites. Qu'observez-vous ? Quelles espèces ont préféré la mangeoire contenant des graines plus petites et quelles espèces ont préféré la mangeoire contenant des graines plus grosses ?

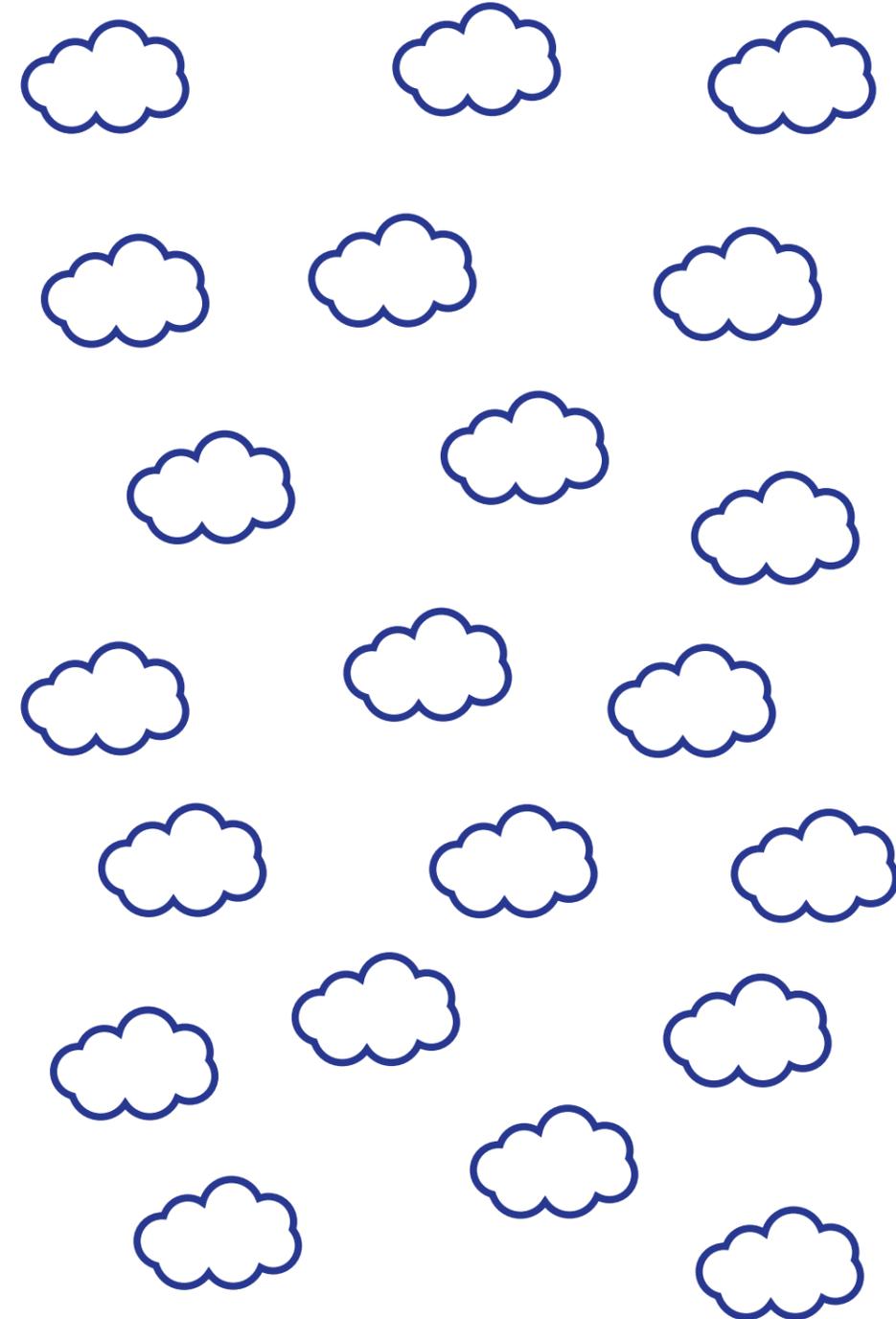
3.2.3.5. QUÊTE : CARTOGRAPHIE D'UN RÉSEAU ALIMENTAIRE

Utilisez toutes les données et observations documentées dans ce chapitre pour créer une représentation visuelle des interactions biologiques sous la forme d'une mind map.

Placez les noms des espèces observées (plantes, animaux, algues, protozoaires, etc.) dans les nuages.

Tracez ensuite des lignes de connexion entre les espèces qui ont présenté des interactions, en précisant le type d'interaction (prédation, mutualisme, etc.) le long de ces lignes.

Cette approche nous permettra d'appréhender visuellement la diversité des interactions au sein de l'écosystème.





4.1 Systèmes fermés, pensée et conception systémiques

Imaginez que vous êtes dans une bulle, où tout reste à l'intérieur et rien ne sort : c'est un système fermé. Les systèmes fermés sont comme des petits mondes autonomes, où toute l'action se déroule à l'intérieur, sans interaction avec l'environnement extérieur. Les systèmes fermés, dans le contexte de la pensée et de la conception systémiques, se réfèrent à des environnements où les interactions se produisent uniquement à l'intérieur des limites du système, sans échange avec l'extérieur. Dans les systèmes fermés, les intrants, les extrants et les processus sont contenus dans le système défini, ce qui favorise une dynamique autonome.

Dans ces systèmes, nous devons réfléchir à la manière dont les différents éléments fonctionnent ensemble, comme les pièces d'un puzzle. La pensée systémique met l'accent sur la compréhension des interconnex-

ions et des interdépendances au sein des systèmes fermés – la modification d'un élément peut affecter tous les autres, un peu comme l'ajout d'une trop grande quantité de nourriture dans un aquarium peut rendre l'eau trouble. Ainsi, lorsque nous concevons des systèmes fermés, nous devons trouver un équilibre entre la stabilité (maintien de l'équilibre) et la capacité du système à s'adapter lorsque les choses changent, afin de maintenir cette stabilité (homéostasie). Il s'agit de trouver l'harmonie idéale entre la stabilité et la flexibilité, afin que notre petit monde puisse continuer à fonctionner sans heurts.

La conception de systèmes fermés implique de tenir soigneusement compte des boucles de rétroaction, des comportements émergents et du maintien de l'équilibre. Pour une conception efficace, il faut trouver un équilibre entre stabilité et adaptabilité, afin que le système puisse fonctionner efficacement et évoluer au fil du temps au sein de son environnement fermé.

4.2

Microcosme artisanal DIY

La façon la plus simple de s'initier à la pensée et à la conception systémique est de commencer modestement. Vous pouvez faire d'un aquarium votre exemple d'étude de cas (d'un système semi-fermé) ou

vous pouvez même aller plus loin dans le monde des microbes. Nous vous proposons ici des exemples intéressants et ludiques avec lesquels vous pouvez jouer : Colonne de Winogradsky et piles à bactéries.

4.2.1 TUTORIEL GUIDÉ POUR LA FABRICATION DE LA COLONNE DE WINOGRADSKY

Une colonne de Winogradsky est un écosystème fascinant et miniature encapsulé dans un simple cylindre de verre ou de plastique. Nommées d'après le microbiologiste russe Sergueï Winogradsky, ces colonnes constituent de remarquables modèles de diversité microbienne et d'interactions écologiques. En exploitant la puissance de la boue, de l'eau et de la lumière du soleil, les colonnes de Winogradsky permettent aux scientifiques et aux passionnés d'observer les relations complexes qu'entretiennent divers micro-organismes, tels que les bactéries et les algues, qui se développent dans différentes niches environnementales à l'intérieur de la colonne. Ce microcosme unique et autonome offre des informations précieuses sur les cycles biogéochimiques, les cycles des nutriments et le réseau complexe de la vie au niveau microscopique. Les colonnes de Winogradsky ne sont pas seulement des outils pédagogiques : elles constituent également des fenêtres sur le monde complexe de l'écologie microbienne.

Les colonnes de Winogradsky sont des outils polyvalents offrant plusieurs applications importantes :

- ⊕ **ÉCOLOGIE ET DIVERSITÉ MICROBIENNES**
Ces colonnes sont utilisées pour étudier la façon dont les micro-organismes interagissent et se développent dans des environnements simulés, ce qui permet de mieux comprendre l'écologie et la diversité microbiennes.
- ⊕ **RECHERCHE BIOGÉOCHIMIQUE**
Les colonnes de Winogradsky aident les chercheurs à comprendre comment les micro-organismes influencent les cycles biogéochimiques, ce qui permet de mieux comprendre les cycles des nutriments et les processus environnementaux.
- ⊕ **SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT**
Les colonnes de Winogradsky peuvent être utilisées comme bio-indicateurs pour évaluer la santé des écosystèmes, détecter les perturbations et surveiller la pollution ou les déséquilibres en matière de nutriments.

- ⊕ **OUTILS PÉDAGOGIQUES**
Elles servent d'outils pédagogiques ludiques, permettant aux élèves d'observer les processus écologiques et de mieux comprendre la microbiologie et la dynamique des écosystèmes.
- ⊕ **RECHERCHE SUR LA BIOREMÉDIATION**
Ces colonnes contribuent à la recherche de stratégies de bioremédiation en étudiant la

- manière dont des micro-organismes spécifiques décomposent les contaminants.
- ⊕ **ART ET SENSIBILISATION**
Leurs écosystèmes colorés et dynamiques rendent les colonnes de Winogradsky attrayantes pour les expositions artistiques et la sensibilisation du grand public : elles permettent de faire prendre conscience de l'importance de la vie microbienne dans l'environnement.

Dans cette expérience, nous allons apprendre à fabriquer une colonne de Winogradsky artisanale.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Seau
- ⊕ Petite pelle
- ⊕ Échantillons de sol
- ⊕ Eau de l'étang ou eau du robinet bouillie
- ⊕ Boue de l'étang ou terre du jardin
- ⊕ Bouteille en plastique
- ⊕ Ciseaux
- ⊕ Feuilles séchées ou papier
- ⊕ Œufs
- ⊕ Bol
- ⊕ Film plastique
- ⊕ Ruban adhésif
- ⊕ En option : Feuille d'aluminium

ÉTAPE 1

Commencez par prélever des échantillons de sol dans un étang, un ruisseau ou un jardin proche. Si vous n'avez pas d'étang ou de ruisseau à proximité, vous pouvez utiliser l'eau du robinet, mais vous devez d'abord la faire bouillir pour éliminer le chlore, puis la laisser refroidir.

ÉTAPE 2

Prenez une bouteille en plastique et coupez soigneusement sa partie supérieure en trois parties, à l'aide de ciseaux ou d'un couteau. Procédez avec prudence afin d'éviter les bords tranchants.

ÉTAPE 3

Séparez les jaunes et les blancs d'œufs. Réduisez les coquilles d'œuf en poudre fine et coupez les feuilles séchées ou le papier en petits morceaux. Mélanger la moitié de la boue recueillie avec le jaune d'œuf, les coquilles d'œuf et les feuilles séchées/le papier.

ÉTAPE 4

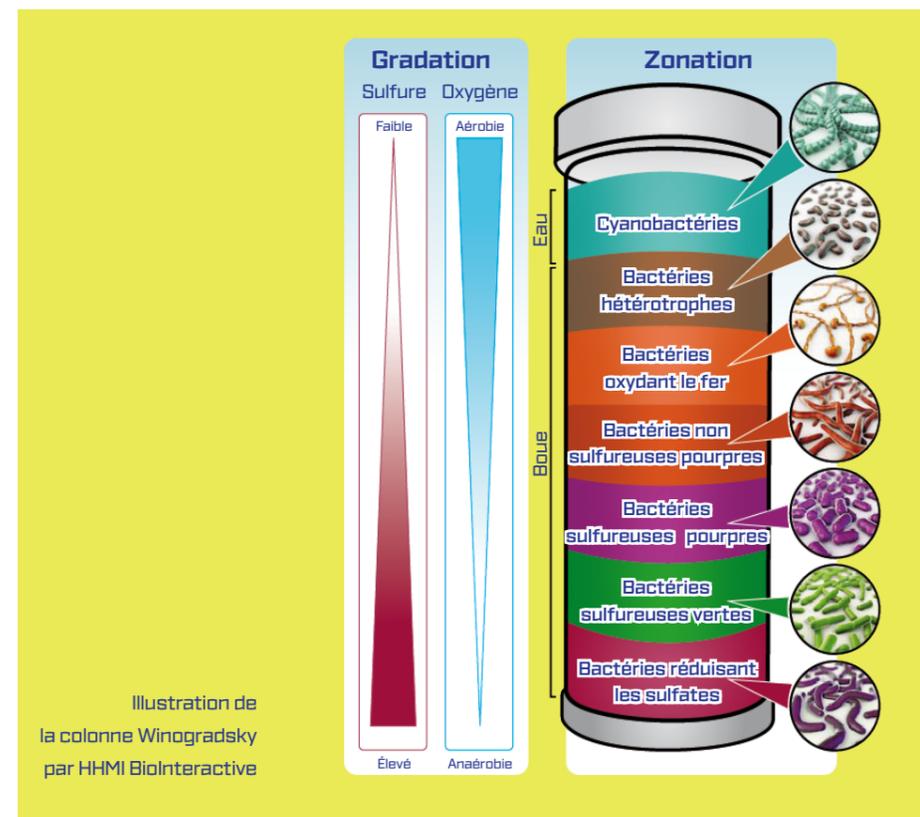
Dans le premier tiers de la bouteille, placez le mélange de boue que vous avez préparé. Ajoutez uniquement la boue au deuxième tiers et l'eau de l'étang ou l'eau du robinet bouillie au dernier tiers.

ÉTAPE 5

Scellez solidement la partie supérieure de la bouteille avec du film plastique pour créer un environnement hermétique. Placez la colonne dans un endroit ensoleillé pendant quelques mois.

ÉTAPE 6 (FACULTATIVE)

Si vous décidez de franchir une étape supplémentaire, créez une deuxième colonne et recouvrez-la entièrement de papier d'aluminium pour bloquer la lumière. Placez-la à côté de la première colonne et laissez les deux colonnes reposer pendant quelques mois. Retirez ensuite l'aluminium et observez les différences dans deux colonnes.



Après quelques mois, examinez la colonne. Remarquez les différentes couches et les couleurs de chaque couche.

1. Combien y a-t-il de couches différentes ? Quelle est la couleur de l'eau sur le dessus ? Quelles couleurs voyez-vous dans chaque couche ?
2. Nous avons ajouté du jaune d'œuf, des coquilles d'œuf et des feuilles dans la couche inférieure. Pourquoi ? Comment ces différents éléments affectent-ils les couches ?
3. Pourquoi les avons-nous ajoutés dans la couche du BAS ?
4. Quelles sont les concentrations d'oxygène dans chaque couche ? Comment cela influence-t-il les micro-organismes présents dans chaque couche ?
5. Si vous avez effectué l'étape 6, y a-t-il une différence entre les deux colonnes ? Toutes les couches sont-elles présentes dans les deux colonnes ?

4.2.2 PILE À BACTÉRIES (MFC)

Les piles à bactéries (MFC) représentent une technologie innovante et durable, à l'intersection de la microbiologie et de la production d'énergie. Ces dispositifs exploitent les activités métaboliques des micro-organismes pour convertir directement la matière organique en énergie électrique. Les piles MFC constituent essentiellement des sources d'énergie vivantes, tirant parti de la capacité de certains micro-organismes à transférer les électrons produits lors de la dégradation des substrats organiques vers une électrode, générant ainsi un courant électrique. Ce mélange captivant de microbiologie et de science de l'énergie offre des applications prometteuses dans le traitement des eaux usées, la production de bioénergie et l'assainissement de l'environnement – ce qui fait des piles à bactéries une technologie de pointe dans la recherche de solutions énergétiques plus propres et plus efficaces.

Il existe deux types de piles à bactéries : à une et à deux chambres. Les piles à bactéries à deux chambres comportent une chambre où règnent des conditions anaérobies, avec une anode et des bactéries et leur nourriture (boue avec des feuilles sèches, eaux usées, etc.), une membrane qui sépare cette chambre de l'autre, et la deuxième chambre avec une cathode et beaucoup d'oxygène. Une pile à bactéries à une chambre contient tout dans une seule chambre et maintient l'anode et la cathode aussi éloignées que possible l'une de l'autre, afin que l'anode puisse être en condition anaérobie et que la cathode puisse être en condition aérobie.

Dans ce chapitre, vous apprendrez très simplement à fabriquer une pile à bactéries Do-It-Yourself à une chambre, à l'aide de microbes trouvés dans la boue : une pile qui fonctionne à la boue. Pour les électrodes, nous utiliserons du graphite pour l'anode et de l'aluminium pour la cathode. Le graphite est un matériau conducteur qui n'est pas nocif pour les bactéries. Celles-ci peuvent donc s'y développer et s'y nourrir, ce qui produit de l'électricité captée par le graphite. Comme source de nourriture, nous ajouterons des feuilles séchées ou du papier, qui sont constitués de cellulose que les bactéries peuvent dégrader dans des conditions anaérobies, afin de produire de l'électricité. C'est pour cette raison que l'anode est placée au fond, là où il n'y a pas d'oxygène. La cathode pénètre dans l'eau, où elle libère des électrons sur l'oxygène.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- ⊕ Seau
- ⊕ Petite pelle
- ⊕ Eau d'un étang ou eau du robinet bouillie
- ⊕ Boue d'un étang ou terre du jardin
- ⊕ Bocal ou récipient en plastique pour l'urine
- ⊕ Fils de cuivre
- ⊕ Papier
- ⊕ Ciseaux
- ⊕ En option : Feuilles séchées
- ⊕ Pince
- ⊕ Pistolet à colle
- ⊕ Papier
- ⊕ Crayon à papier graphite
- ⊕ Feuille d'aluminium
- ⊕ Multimètre
- ⊕ Option : petite lampe LED

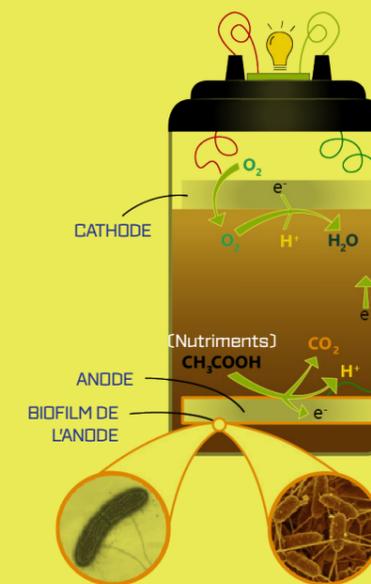


Schéma d'une pile à bactéries utilisant de la boue (par MFCGuy2010 CC BY-SA 3.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

ÉTAPE 1

Prenez le seau et une petite pelle et rendez-vous à proximité d'un étang ou d'un ruisseau. Prenez un peu de boue et emportez aussi un peu d'eau avec vous. Si vous n'avez pas d'étang ou de ruisseau à proximité, vous pouvez utiliser de la terre normale provenant d'un jardin ou d'un parc et de l'eau du robinet. Si vous utilisez l'eau du robinet, veillez à la faire bouillir d'abord et à la laisser refroidir pour éliminer le chlore qu'elle peut contenir et qui pourrait nuire aux micro-organismes. Pendant que vous êtes dehors, essayez de ramasser des feuilles sèches, s'il y en a. Sinon, ce n'est pas grave, vous pouvez utiliser du papier à la place.

ÉTAPE 2

Préparez les fils en les coupant en morceaux plus courts. Il en faut deux par pile à bactéries. Dénudez-les aux deux extrémités.

ÉTAPE 3

Prenez le récipient que vous avez choisi (nous recommandons les bocaux en verre ou les bocaux à urine en plastique, qui sont les plus faciles à obtenir et à utiliser) et percez dans le couvercle un trou suffisamment grand pour que les deux fils puissent y passer.

ÉTAPE 4

Dessinez un cercle sur le papier à l'aide d'un crayon graphite de la taille du fond de votre récipient. Remplissez le cercle au crayon graphite de façon à ce qu'il soit le plus foncé possible. Découpez le cercle. Ce sera notre première électrode sur laquelle les bactéries se développeront et produiront de l'électricité.

ÉTAPE 5

Collez sur le cercle que vous venez de remplir une extrémité dénudée du fil à l'aide d'un pistolet à colle. Faites attention à ne pas vous brûler en collant et essayez de ne pas mettre de colle entre le fil et le papier, car cela l'isolera et ne conduirait pas l'électricité.

ÉTAPE 6

Placez l'électrode au fond du récipient et mettez dessus la boue/terre que vous avez ramassée, juste assez pour la recouvrir. Déchiquetez ensuite un peu de papier ou ajoutez des feuilles sèches écrasées si vous en avez. Recouvrez de boue/terre, jusqu'à ce que vous remplissiez le récipient à la moitié de son volume. Essayez de comprimer autant que possible la boue/terre pour que l'air coincé à l'intérieur s'échappe.

ÉTAPE 7

Verser de l'eau de l'étang ou de l'eau bouillie refroidie jusqu'à ce que le récipient soit complètement rempli. Prenez le deuxième fil et recouvrez complètement un côté dénudé avec une feuille d'aluminium. Immergez-le dans l'eau et essayez de faire en sorte qu'il ne touche pas la boue. Ce sera notre deuxième électrode.

ÉTAPE 8

Introduisez les deux fils dans le trou que vous avez percés dans le couvercle et fermez ce dernier. Laissez reposer pendant environ 10 minutes, puis utilisez le multimètre pour vérifier la tension produite par la pile à bactéries. Si vous avez une petite lampe LED (5V), vous pouvez essayer de la connecter et voir si elle produit de la lumière.

1. **Quelle est la tension produite ? Est-ce suffisant pour alimenter une lampe LED ?**

2. **Essayez de fabriquer plusieurs piles et de les connecter en série ! Y a-t-il une différence dans la tension produite ? Combien faudrait-il en fabriquer et en connecter pour pouvoir recharger son téléphone ?**

3. **Essayez de trouver un moyen d'augmenter la production d'électricité ! Essayez de modifier la taille des électrodes, la composition et le volume du sol, le matériau des électrodes, etc. Notez ce que vous avez essayé et appris !**

4. **Pourquoi avons-nous utilisé la feuille d'aluminium pour la deuxième électrode si nous savons qu'elle est nocive pour les bactéries ?**

5. **Laissez la pile à bactéries pendant un certain temps, puis mesurez la tension. Y a-t-il une différence dans la production d'électricité ? Si oui, quand cela a-t-il commencé à se produire ? La tension a-t-elle augmenté ou diminué ?**

Cher lecteur, nous sommes arrivés au dernier chapitre de ce livre ouvert. Nous espérons qu'il a servi, ne serait-ce qu'un peu, à susciter en vous le désir d'explorer le monde merveilleux qui vous entoure et, poussé par l'inspiration, à créer de nouvelles choses.

Pour terminer, nous vous invitons à concevoir votre propre projet de recherche/ingénierie pour l'avenir. Nous sommes sûrs que de nombreuses idées vous sont venues à l'esprit en parcourant ce livre. Nous aimerions que vous utilisiez les connaissances et l'expérience que vous avez acquises, et que vous abordiez vos futures entreprises de manière systématique.

Nous avons créé un court questionnaire guidé pour vous aider à planifier et à concrétiser votre idée.

Mais surtout :
amusez-vous bien !

Concevez votre projet STEAM

Questionnaire guidé pour développer des idées personnelles et introduction au cadre de projet

FORMULAIRE DE PROJET

1. TYPE DE PROJET (Cochez et complétez.)

1.1.

- Scientifique
- Artistique-scientifique

1.2.

- Éducatif
- Recherche
- Développement
- Événement public

1.3. En lien avec quels domaines scientifiques et/ou artistiques le projet est-il associé ?

2. NOM DU PROJET

3. OBJECTIF DU PROJET

4. DURABILITÉ DU PROJET (Quelles portes le projet ouvre-t-il ?)

4.1. Le projet contribue-t-il au développement de la science, de l'art et de la communauté ?

4.2. Le projet peut-il être développé davantage ? Amélioré ?
Si oui, comment ?

4.3. Quels nouveaux projets pourraient en découler ?

**5. DESCRIPTION BRÈVE DU PROJET
(Indiquez tous les détails essentiels. Minimum de 10 phrases.)**

6. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

7. **LIVRABLES** (Quels sont les produits visibles/tangibles du processus de développement du projet ?)

8. **ACTIVITÉS INCLUSES DANS LE PROJET**
(Listez et expliquez toutes les activités que comprend le projet.)

9. **RÉALISATEURS DU PROJET** (Listez tous les réalisateurs du projet, leurs fonctions et responsabilités.)

10. **DURÉE ESTIMÉE DES ACTIVITÉS DU PROJET**
(Indiquez la durée totale du projet, la date approximative ou exacte de début et de fin, et chaque phase du projet.)

Durée totale estimée :

1ère phase :

3ère phase :

1ère phase :

1ère phase :

11. **DOCUMENTATION**
(Comment le projet et son développement seront-ils documentés ?)

12. **RESSOURCES NÉCESSAIRES** (Pour tous les matériaux et équipements, si loués, indiquez le prix.)

12.1. Équipement

12.2. Services (Services tels que l'impression, les télécommunications, les locations, les certifications, etc.)

12.3. Matériel





DIVE IN

piNa

HERA



UR INSTITUTE



Co-funded by
the European Union